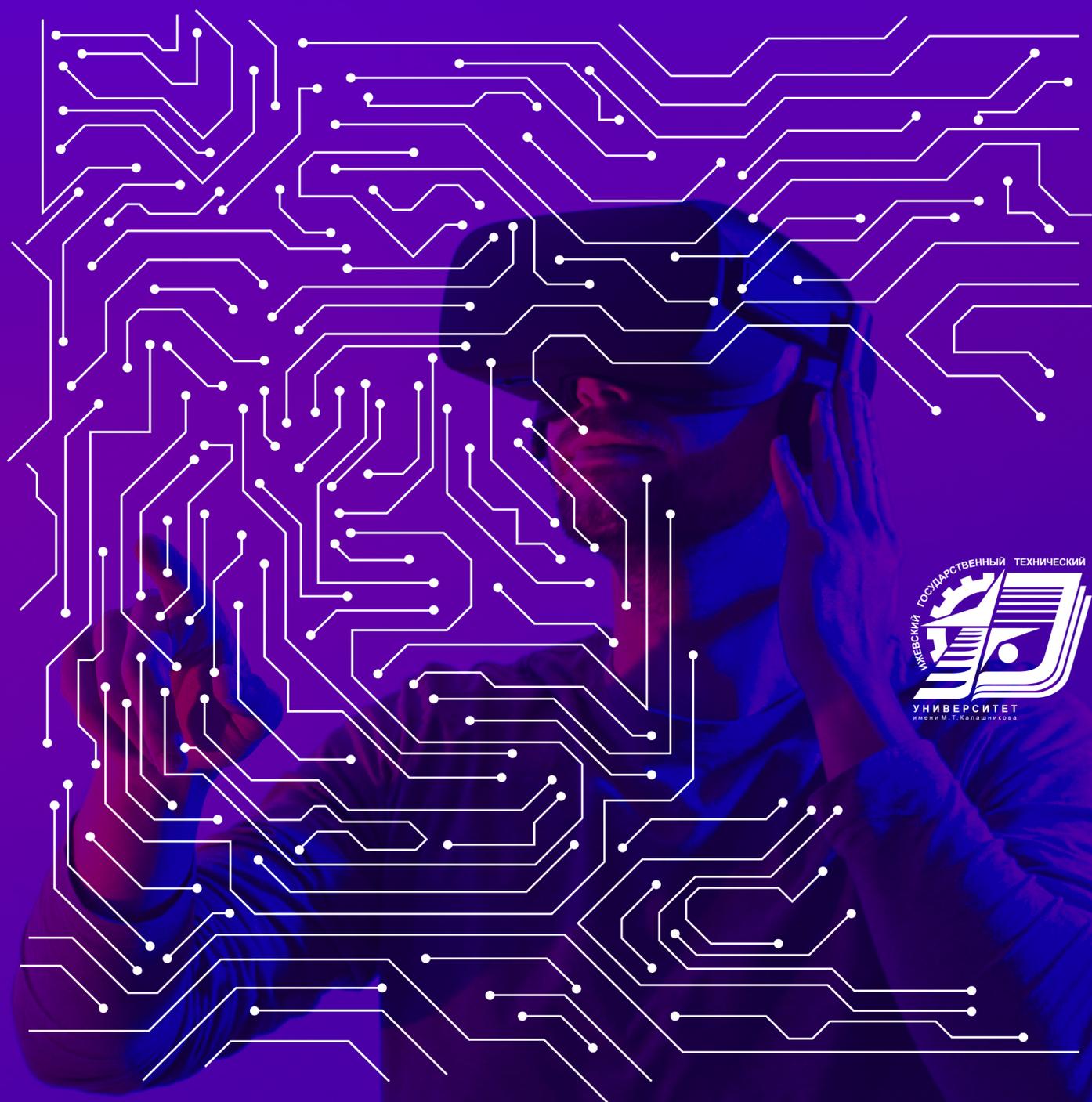


«Выставка инноваций – 2022 (весенняя сессия)»

Сборник материалов XXXIII Республиканской выставки-сессии
студенческих инновационных проектов



(Ижевск, 29 апреля 2022 г.)

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова»

**«Выставка инноваций – 2022
(весенняя сессия)»**

Сборник материалов XXXIII Республиканской выставки-сессии
студенческих инновационных проектов

(Ижевск, 29 апреля 2022 г.)



Издательство УИР ИжГТУ
имени М. Т. Калашникова
Ижевск 2022

УДК 62(06)
ББК 30у
В93

Редакционная коллегия:

Председатель: *А. Н. Копысов*, канд. техн. наук, проректор по научной и инновационной деятельности ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;

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

Р. О. Султанов, начальник управления информатизации;

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

А. Н. Гуменюк, начальник отдела инновационного развития;

И. А. Кайсина, доцент кафедры «Сети связи и телекоммуникационные системы», председатель совета молодых ученых;

Ю. Л. Караваев, старший научный сотрудник НУЛ «Мобильные системы»;

И. А. Пудов, доцент кафедры «Строительные материалы, механизация и геотехника»;

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

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

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

С. А. Пигалев, директор Бизнес-инкубатора;

П. С. Павлова, руководитель представительства Фонда содействия инновациям в Удмуртской Республике (по согласованию);

С. И. Колесников, руководитель Регионального центра инжиниринга Корпорации развития Удмуртской Республики (по согласованию);

Д. С. Волегов, технологический предприниматель (по согласованию);

Е. И. Коробейников, технологический предприниматель (по согласованию);

А. В. Некрасов, руководитель акселератора Технопарка высоких технологий «Нобель» (по согласованию)

«Выставка инноваций – 2022 (весенняя сессия)» : сборник материалов XXXIII
В93 Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов (Ижевск, 29 апреля 2022 г.). – Ижевск : Изд-во УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2022. – 364 с. – 14,8 МБ (PDF). Текст : электронный.

ISBN 978-5-7526-0975-6

Первый раздел состоит из материалов докладов молодых ученых, заслушанных перед экспертной комиссией на XLI научно-технической конференции молодежи 22 и 23 марта 2022 года на АО «ИЭМЗ «Купол», проведенной в рамках Форума научно-технического творчества молодежи АО «ИЭМЗ «Купол».

Второй раздел состоит из материалов докладов молодых ученых, заслушанных перед экспертной комиссией на XXXIII Республиканской выставке-сессии студенческих инновационных проектов в ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Ижевск, 29 апреля 2022 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.

УДК 62(06)
ББК 30у

ISBN 978-5-7526-0975-6

© ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2022
© Оформление. Издательство УИР ИжГТУ
имени М. Т. Калашникова, 2022

УДК 621.91.02

DOI: 10.22213/ie022101

Ю. В. Алексеева, магистрант, alex1999yu@yandex.ru
И. В. Батинов, канд. техн. наук, доц., i.batinov@mail.ru
С. А. Шиляев, д-р техн. наук, доц., shiljaev@mail.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Повышение производительности слесарной обработки деталей путем внедрения инновационного режущего инструмента

Данная статья посвящена проблеме удаления заусенцев и притуплению острых кромок при механической обработке деталей. Объектом исследования является технология слесарной обработки. Предметом исследования является методика слесарной обработки с помощью механизированного слесарного инструмента – режущих щеток.

Формирование нежелательных острых кромок и заусенцев при изготовлении деталей является общей проблемой для всех видов механической обработки, таких как фрезерование, точение, сверление, вырубка и литейные процессы. Для обеспечения безопасности и технических условий выполнения последующих технологических операций (технический контроль, нанесение покрытия, термическая обработка, дальнейшая сборка) заусенцы должны быть удалены, а острые кромки сглажены.

В статье проведен анализ наиболее используемых методов и инструментов для удаления заусенцев на обрабатываемых деталях. Рассмотрен метод повышения производительности слесарной обработки путем внедрения режущей щетки. Описаны преимущества предлагаемого режущего инструмента.

Ключевые слова: слесарная обработка, заусенец, острая кромка, режущий инструмент.

Введение

Повышение производительности обработки изделий на предприятии, снижение трудоемкости выпуска продукции, а также обеспечение требований безопасности при выполнении слесарных операций являются одними из актуальных задач современного машиностроения.

Слесарная обработка – это технологическая операция обработки заготовок, необходимая для окончательной доводки размеров, шероховатости и форм деталей согласно конструкторской и технологической документации.

Для снятия заусенцев, облоя и притупления кромок в большинстве случаев применяется ручная слесарная обработка. На сегодняшний день существует вопрос замещения такого вида работ, например, для труднообрабатываемых дета-

лей или деталей со сложной конфигурацией. Применение механизированного инструмента позволит увеличить производительность и уменьшить себестоимость механической обработки изделий.

Анализ наиболее используемых методов удаления заусенцев

К слесарным операциям относятся такие виды обработки, как снятие заусенцев и притупление острых кромок, которые образовались во время механической обработки заготовки. Чаще всего на предприятиях для удаления заусенцев и притупления острых кромок применяется ручная слесарная обработка. Однако при сравнении ручной слесарной обработки с механической обработкой на станке ручная сильно уступает в показателях производительности, а также в затратах физического труда [1].

Важность удаления заусенцев очень велика в следующих аспектах: для обеспечения безопасности обработки и предотвращения порезов исполнителей последующих операций обрабатываемую деталь нельзя использовать при наличии заусенцев; также для точного позиционирования деталей в сборке заусенцы являются помехой.

В условиях среднесерийного производства в большинстве случаев к инструментам для ручного удаления заусенцев относятся: шлифовальная шкурка, напильник, шабер и бормашинка.

Недостатками использования этих инструментов являются: высокая трудоемкость, так как затрачивается достаточно много времени на обработку деталей; человеческий фактор предполагает его влияние на качество финишной обработки; а также необходимость в повышенном внимании при окончательной обработке внутренних контуров деталей.

Продолжительность технологического цикла обработки деталей посредством ручного притупления острых кромок и удаления заусенцев существенно увеличивается. Поэтому есть необходимость в использовании для слесарной обработки автоматизированного оборудования, различного при разных конструктивных особенностях и габаритах обрабатываемых деталей. Однако существует сложность в подборе режимов резания, соответственно, есть необходимость в дальнейших исследованиях по выявлению зависимостей таких показателей, как глубина, подача, скорость и силы резания обработки.

Описание предлагаемого метода удаления заусенцев

Был найден патент JPWO2004009293A1 [2]. Настоящее изобретение относится к способу изготовления щеткообразного точильного камня для снятия заусенцев и притупления острых кромок. Прецизионные детали, в основном используемые для автомобильных деталей, деталей самолетов и других деталей машиностроения, обрабатываются в основном на токарных станках с ЧПУ, фрезерных станках с ЧПУ, обрабатывающих центрах, роботах, специальном оборудовании с использованием таких инструментов, как концевые фрезы, сверла, штампы, метчики и другие. Однако после выполнения этих операций всегда остаются заусенцы, следы обработки, следы инструмента и тому подобное, и для их удаления необходима последующая обработка. Многие этапы окончательной отделки выполняются вручную. Однако такая традиция имеет

проблему, заключающуюся в том, что эффективность удаления заусенцев и следов обработки является низкой. Для решения вышеописанных проблем и автоматизации процесса удаления заусенцев и следов металла, а также притупления острых кромок после операций механической обработки в настоящем изобретении предусмотрено большое количество линейных абразивов, полученных пропиткой и отверждением неорганической длинноволокнистой заполняющей нити.

Предлагается внедрение этих режущих щеток в цех механической обработки (рис. 1). Они представляют собой скомпонованный набор из нескольких пучков множества отдельных нитей (иголок), состоящих из минералокерамических волокон. Конец каждого пучка закреплен в щеткообразном корпусе в отверстиях, которые предусмотрены в держателе щетки, с помощью клея. Сама щетка устанавливается в специальный футляр, предназначенный для слесарной обработки деталей.

Минералокерамика является синтетическим материалом – оксидом алюминия (Al_2O_3), который подвергается прессованию и последующему спеканию в диапазоне температур 1720–1750 °С. Исходным сырьем служит технический глинозем – белый кристаллический порошок, который не имеет в составе редкие и драгоценные металлы и образуется при производстве алюминия. К минералокерамике относятся марки ЦМ-332, ВШ-75, ВО-13 и другие, они находят широкое применение для чистовых и финишных операций при механической обработке деталей. Марки данного материала обладают такими характеристиками, как красностойкость (около 1200 °С), высокая твердость (91–92 НРА) и износостойкость. Обладая этими характеристиками, минералокерамика отличается очень высокими режущими свойствами, превосходящими твердые сплавы [3, с. 278].



Рис. 1. Режущие щетки

Для обеспечения оптимальных условий резания цвет волокна щетки определяет различную твердость обрабатываемого материала и величину заусенцев. Также диаметр щеток варьируется от 6 до 100 мм в зависимости от габаритных размеров обрабатываемой детали, что обеспечивает возможность включения режущих щеток во множество технологических процессов механической обработки деталей на станках с ЧПУ [3].

Принцип работы (рис. 2) состоит в следующем: режущая щетка устанавливается в шпинделе станка, затем по заданной программе она получает вращение и подачу по поверхности детали [2]. Обработка данными режущими щетками

эффективна как в обеспечении высокого качества обработанной поверхности детали, так и в использовании – возможность обработки на различных видах станочного оборудования. При обработке применяются стандартные смазочно-охлаждающие технологические средства, но также возможна обработка без их использования.

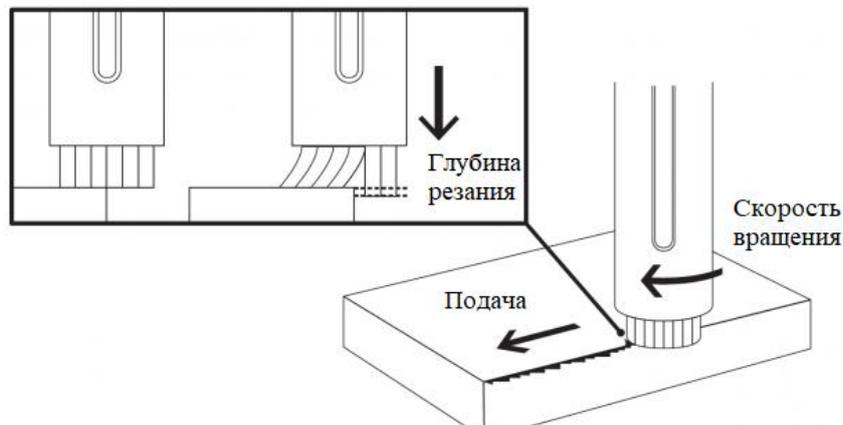


Рис. 2. Принцип действия режущих щеток

Данные режущие щетки находят свое применение на многочисленных фрезерных станках, обрабатывающих центрах, а также токарных станках с приводной головкой; применяются для обработки заготовок из таких материалов, как алюминий, медь, магний, углеродистые и нержавеющие стали, титан и различные пластики.

Преимуществом режущих щеток является: удаление заусенцев и притупление острых кромок происходит непосредственно на том же станке с ЧПУ, который применялся для других предыдущих операций обработки; время обработки сокращается, а также снижается ее себестоимость благодаря механизации процесса; возможность механической обработки любых материалов; за один проход режущей щетки основной размер уменьшается максимум на 1–3 микрона; качество поверхности улучшается до Ra 0,1 мкм [4].

Также преимуществом является следующая особенность: в случае необходимости замены какого-либо из пучков, например поломка пучка, есть возможность заменить только вышедший из строя пучок. Таким образом, нет необходимости выбрасывать всю режущую щетку целиком. Следовательно, стоимость слесарной обработки может быть снижена.

Заключение

В каждом технологическом процессе изготовления деталей присутствует слесарная обработка деталей – удаление заусенцев и притупление острых кромок, она необходима для поддержания качества получаемых поверхностей и обеспечения безопасности производственного процесса.

Применение режущих щеток значительно расширяет возможности станочной обработки деталей, особенно в серийном производстве, позволяет улучшить качество обработки и снизить затраты менее производительного ручного труда. Инструмент обладает широким спектром возможных выполняемых операций.

Планируется внедрение режущих щеток на производственную площадку цеха механической обработки для слесарной обработки – удаления заусенцев и притупления острых кромок крупногабаритных деталей с большим количеством отверстий.

Список использованных источников и литературы

1. Чапышев, А. П. Технологические возможности процессов механизированной финишной обработки деталей / А. П. Чапышев, А. В. Иванова, А. В. Крючкин // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – Т. 16, № 6 (2). – С. 533–537.
2. Yiyao Sumiyoshi, Yiyao Sumiyoshi, Matsushita Toshijun, Matsushita, Atsushi Kogao, Atsushi Kogao Brush-shaped grinding wheel manufacturing method, brush-shaped grinding wheel, and brush for polishing machine : пат. JPWO2004009293A1 Japan.
3. Технология конструкционных материалов / А. М. Дальский, И. А. Арутюнова, Т. М. Барсукова [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1985. – 448 с.
4. Xebec® Deburring Technology Co., LTD // Innovative Productivity Technologies, LLC. – URL: <https://www.deburringtechnologies.com> (дата обращения: 03.02.2022).

Yu. V. Alekseeva, master's student

I. V. Batinov, Candidate of technical sciences, Docent

S. A. Shilyaev, Doctor of Technical Sciences, Professor

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Increasing the productivity of the locksmith processing parts by introduction innovative cutting tool

This article is devoted to the problem of deburring and blunting of sharp edges during machining of parts. The object of the study is the technology of locksmith processing. The subject of the study is the technique of locksmith processing using a mechanized locksmith tool – cutting brushes.

The formation of unwanted sharp edges and burrs in the manufacture of parts is a common problem for all types of machining such as milling, turning, drilling, cutting and casting processes. To ensure the safety and technical conditions of the subsequent technological operations (technical control, coating, heat treatment, further assembly), the burrs must be removed and the sharp edges smoothed.

The article analyzes the most used methods and tools for deburring on machined parts. The method of increasing the productivity of locksmith processing by introducing a cutting brush is considered. The advantages of the proposed cutting tool are described.

Keywords: metalworking, burr, sharp edge, cutting tool.

И. В. Игнатъев, бакалавр, ig.vanya@yandex.ru
В. А. Стрижак, канд. техн. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Стенд для изучения магнитных свойств бистабильных ферромагнетиков

Разработан и изготовлен стенд для регистрации характеристик основных информативных параметров, больших скачков Баркгаузена у бистабильных ферромагнетиков, представленных в виде викаллоевой проволоки диаметром 0,25–0,40 мм. Стенд позволяет перемагничивать образцы в регулируемом по амплитуде магнитном поле частотой 50 Гц. Проведено моделирование и экспериментальное исследование топологии для нормальной и тангенциальной составляющей магнитного поля. Предложена методика измерений полей старта бистабильных сердечников с регистрацией величины сигналов, вызванных импульсами большого скачка. Определена оптимальная зона установки сердечника, находящаяся в центральной области П-образного электромагнита, в которой изменение перемагничивающего поля составляет не более 2 %.

Ключевые слова: эффект Баркгаузена, скачки Баркгаузена, бистабильные ферромагнетики, система регистрации, викаллоевый сплав.

Введение

Эффект Баркгаузена, открытый в 1917 году, был назван в честь германского ученого Генриха Георга Баркгаузена и описывал скачкообразное изменение намагниченности ферромагнетика под воздействием медленно изменяющегося поля. В специально обработанных образцах доля скачков может достигать порядка 95 % и более [1]. Данный эффект применяется на практике, к примеру, для контроля упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием [2].

Одна из ветвей развития магнитных датчиков связана с появлением особого класса материалов – бистабильных ферромагнетиков. Такие материалы при достижении некоторого внешнего поля, называемого полем старта, перемагничиваются по всему объему единичным скачком, называемым большим скачком Баркгаузена [1]. Примером таких ферромагнетиков является проволока, изготовленная из викаллоевого сплава ($\text{Fe}_{37}\text{Co}_{52}\text{V}_{11}$) [3], формирование бистабильных свойств которой происходит только за счет упругопластического кручения. Измерения информативных параметров сердечников, имеющих описанные свойства, могут являться основой для построения первичных преобразователей. Являясь чувствительным элементом, ферромагнетики могут быть использованы при определении величины магнитных полей [4]. В настоящее время бистабильные ферромагнетики могут быть предназначены для использования в код-метках товаров, деталей машин, ценностей, документов, ценных бумаг, денег и созда-

ния файлов информации, а также для дистанционного управления исполнительными механизмами и создания чувствительных элементов в измерительной технике [5]. Работа решает задачу реализации бесконтактного метода съема импульсов больших скачков Баркгаузена. Цель работы заключается в разработке системы регистрации основных информативных параметров скачков Баркгаузена у бистабильных ферромагнетиков, представленных в виде проволоки диаметром 0,25–0,40 мм и определении ее эксплуатационных характеристик.

Экспериментальная установка

Разработан стенд (рис. 1), осуществляющий перемагничивание сердечников квазистационарным магнитным полем одновременно с регистрацией больших скачков Баркгаузена бесконтактным способом при помощи феррозондового преобразователя. Бистабильный сердечник длиной 10 мм и диаметром 0,3 мм фиксируется на П-образном электромагните, попадая в переменное магнитное поле частотой 50 Гц. Значения тока в цепи намагничивания и сигнал с феррозонда подаются на систему регистрации.

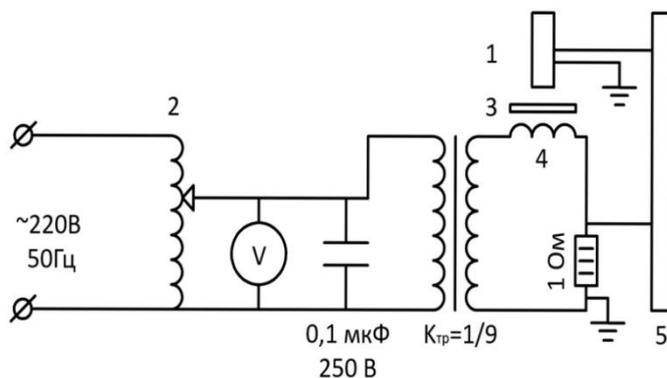


Рис. 1. Экспериментальная установка: феррозондовый преобразователь (1); ЛАТР (2); бистабильный ферромагнетик (3); электромагнит (4); цифровой осциллограф АКИП-4115/4А (5)

Осциллограммы (рис. 2) демонстрируют картину бистабильного поведения сердечника. Знакопеременное расположение импульсов говорит о смене направления вектора намагниченности в два взаимно противоположных направления. Величина поля старта образца фиксируется исходя из величины тока в цепи электромагнита.

Экспериментальное исследование магнитного поля

Условия эксперимента требуют, чтобы тангенциальная составляющая поля имела минимальные отклонения в зоне установки сердечника, а нормальная составляющая стремилась к нулю. Поэтому для магнитного поля электромагнита определена топология поля по нормальной и тангенциальной составляющей (рис. 3, 4) при помощи магнитометра МФ-23ИМ вдоль продольного сечения электромагнита. Условия, описанные выше, соблюдаются на участке от –5 до 5 мм вблизи центра верхней плоскости.

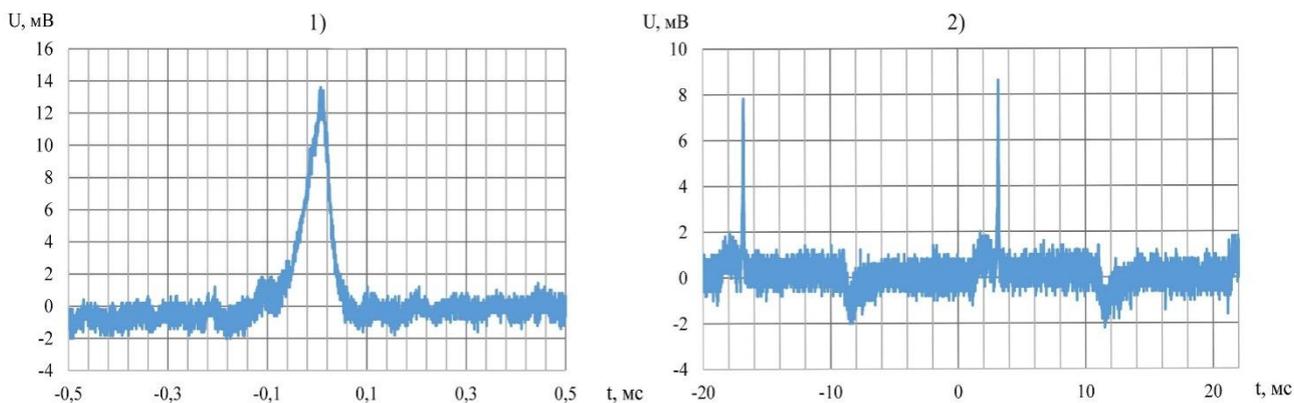


Рис. 1. Осциллограммы бистабильного поведения сердечника: единичный скачок (1); шум Баркгаузена (2)

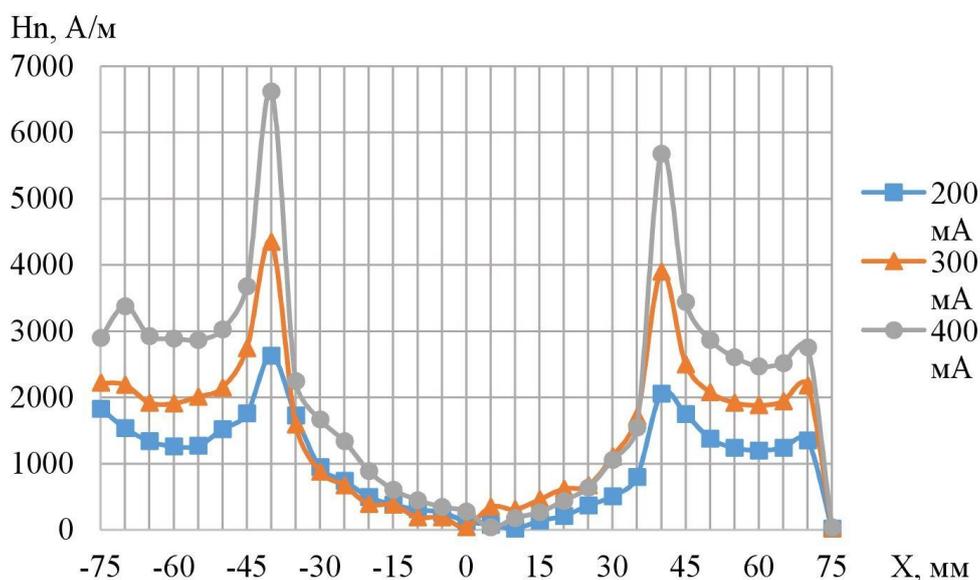


Рис. 2. График зависимости нормальной составляющей напряженности магнитного поля электромагнита

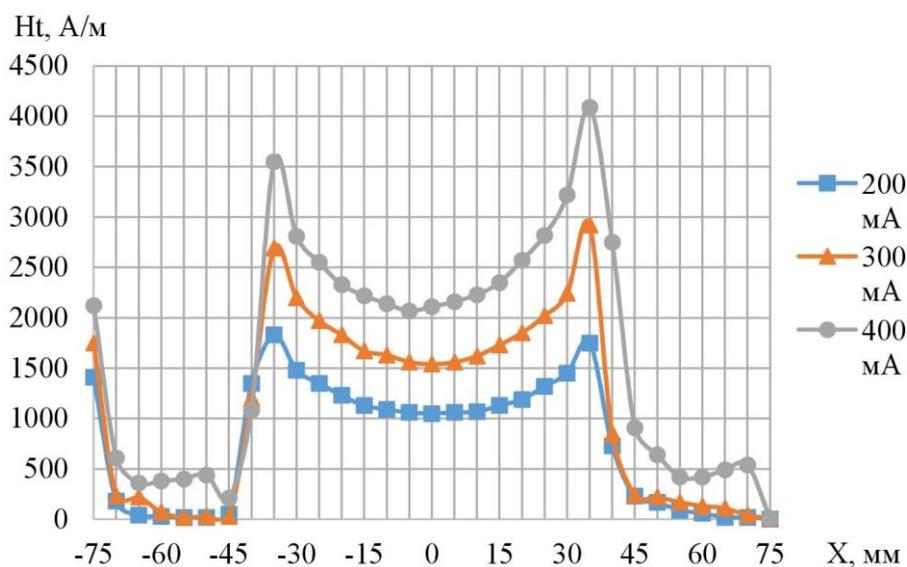


Рис. 3. График зависимости тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля электромагнита

Моделирование магнитного поля

Моделирование поведения магнитного поля электромагнита в зоне расположения сердечников проведено в программной среде Elcut. Параметры модели:

- тип задачи – магнитостатическое поле;
- класс модели – плоская;
- единицы измерения – миллиметры;
- расчет – обычный;
- размер модели магнита – 150×90 мм;
- материал магнита – сталь 2013.

Распределение магнитных линий в решенной задаче имеет следующий вид (рис. 5). Контур, вдоль которого были построены топологии магнитного поля, расположен вдоль верхней грани объекта.

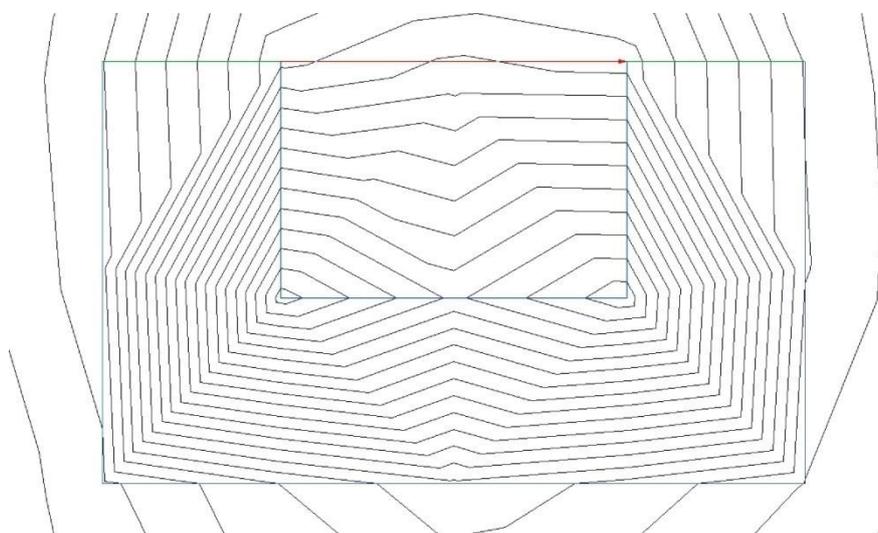


Рис. 4. Топология магнитных линий

Зависимости напряженности (рис. 6, 7) магнитного поля для тангенциальной и нормальной составляющей показывают, что оптимальная зона установки сердечника приходится на начало отчета координат. Картина распределения поля совпадает с экспериментально полученными значениями.

Методика измерения поля старта

Измерения поля старта бистабильных сердечников проводятся согласно следующим действиям:

1. Установить исследуемый бистабильный сердечник в фиксатор, находящийся на электромагните. Закрепить в паз насадки на электромагнит феррозондовый преобразователь. Убедиться в том, что преобразователь располагается перпендикулярно сердечнику.

2. Установить на осциллографе временную развертку, равную 100 мкс, коэффициенты развертки по напряжению – равными, соответственно, 5 мВ на первом канале и 5 мВ на втором канале. Значение синхронизации установить равным 0 мВ по восходящему фронту первого канала.

3. Плавно поворачивая ручку регулировки напряжения на ЛАТРе, добиться такого значения, при котором можно зафиксировать единственный скачок Баркгаузена (рис. 4 (I)). Сместить сигнал по временной оси к началу координат.

4. Зафиксировать значение смещения сигнала по временной оси (t). Вернуть ручку ЛАТРа в исходное положение. Подставить значение в следующую формулу (1), предварительно замерив пиковое значение тока (I_m) и начальную фазу (φ) при частоте 50 Гц.

$$I = I_m \sin(\omega t + \varphi), \quad (1)$$

где ω – угловая частота.

5. Вычисленное значение тока сопоставить значению напряженности поля сердечника по следующей зависимости (рис. 8). Полученное значение зафиксировать.

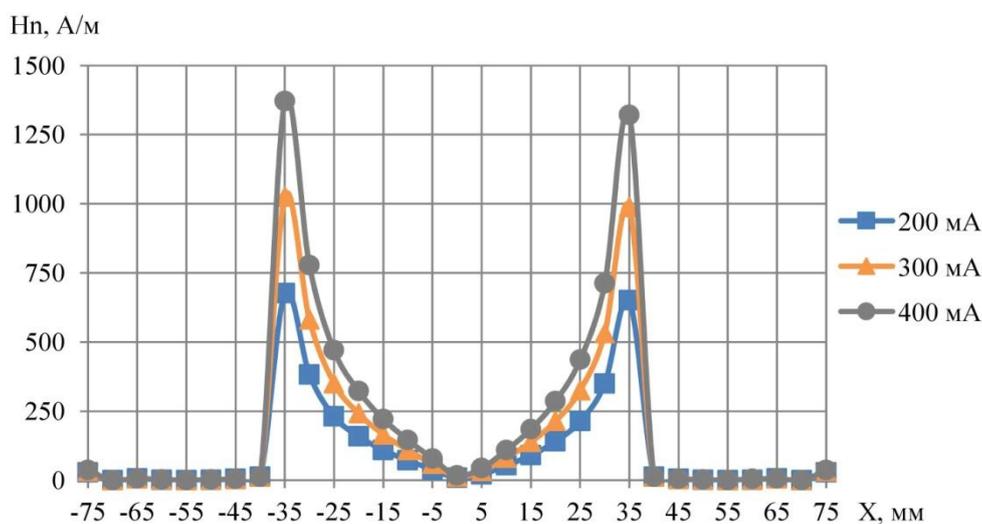


Рис. 5. График зависимости нормальной составляющей напряженности модели магнитного поля электромагнита

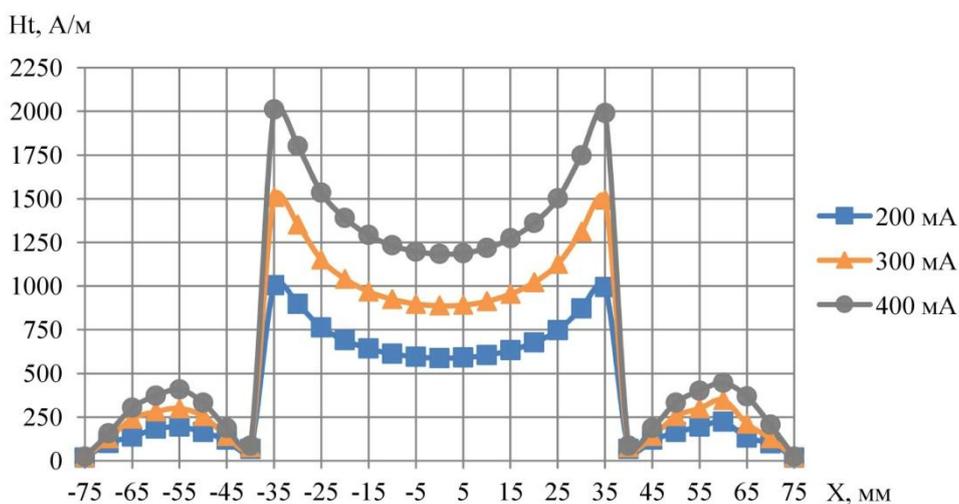


Рис. 6. График зависимости тангенциальной составляющей напряженности модели магнитного поля электромагнита

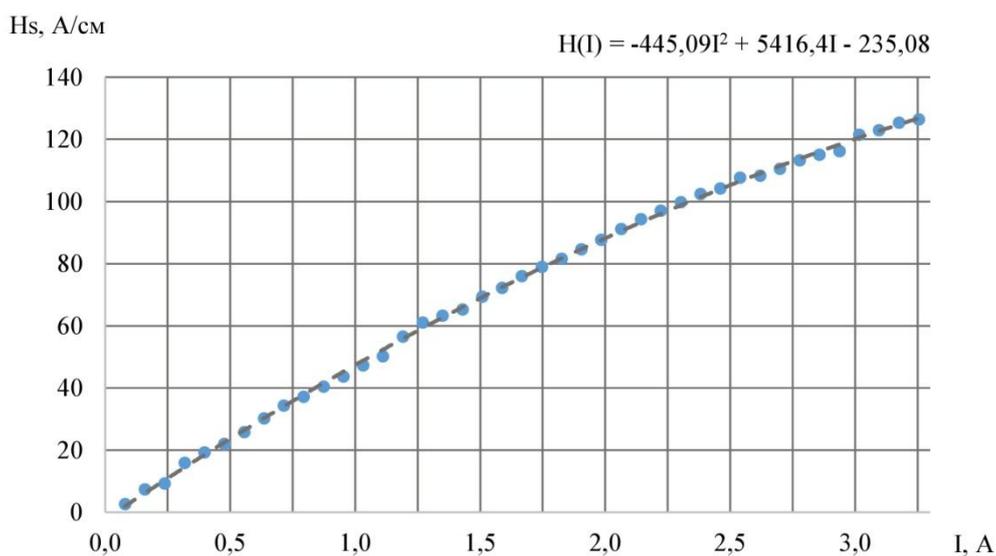


Рис. 7. Зависимость напряженности поля сердечника от тока в цепи намагничивания

Выводы

Полученный стенд позволяет качественно и количественно оценить основные параметры бистабильных ферромагнетиков: величины скачков Баркгаузена и величины поля старта. Определена зона установки бистабильного ферромагнетика с параметрами перемагничивающего поля, имеющего отклонение не более 2 % для теоретической модели и не более 3 % для экспериментально полученных значений по всему объему сердечника, попадающего в нормальное, тангенциальное поле, равная 10 мм в центральной зоне П-образного электромагнита. Проведенное моделирование показывает, что топология распределения поля магнита совпадает с экспериментально полученными значениями. Реализован бесконтактный метод съема сигнала с бистабильных ферромагнетиков.

Список использованных источников и литературы

1. *Ломаев, Г. В.* Датчики Баркгаузена : монография / Г. В. Ломаев, Г. В. Каримова ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Ижевский гос. технический. ун-т». – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2008. – ISBN 978-5-7526-0357-0.
2. *Николаева, Е. П.* Применение метода шумов Баркгаузена для контроля упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / Е. П. Николаева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 6-2. – С. 428–431.
3. *Ахизина, С. П.* Бистабильные магнитные элементы из сплава викаллой: технологический, физической и прикладной аспекты исследования : специальность 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики» : автореф. ... канд. физ.-мат. наук / Ахизина Светлана Павловна. – Ижевск, 1997. – 24 с.
4. Патент № 2395101 С1 Российская Федерация, МПК G01R 33/02. Способ определения магнитного поля : № 2009117723/28 : заявл. 13.05.2009 : опубл. 20.07.2010 / Г. В. Ломаев, С. К. Водеников ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Контроль и безопасность».

5. Баранов, С. А. О возможности применения аморфных микро- и нанопроводов с эффектом Баркгаузена / С. А. Баранов // Электронная обработка материалов. – 2013. – № 1. – С. 64–70.

I. V. Ignatev, bachelor, ig.vanya@yandex.ru

V. A. Strizhak, Ph.D in Engineering, Associate Professor
Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Russia

Development of a stand for studying the magnetic properties of bistable ferromagnetics

A bench was developed and manufactured for recording the characteristics of the main informative parameters, large Barkhausen jumps in bistable ferromagnets, presented in the form of a wicalloy wire with a diameter of 0.25-0.40 mm. The stand makes it possible to remagnetize the samples in an amplitude-adjustable magnetic field with a frequency of 50 Hz. Modeling and experimental study of the topology for the normal and tangential components of the magnetic field have been carried out. A technique for measuring the start fields of bistable cores is proposed, with registration of the magnitude of signals caused by large jump pulses. The optimal zone for installing the core is determined, located in the central region of the U-shaped electromagnet, in which the change in the remagnetizing field is no more than 2 %.

Keywords: Barkhausen effect, Barkhausen jumps, bistable ferromagnetics, registration system, wicalloy alloy.

П. Р. Козицын, студент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова,
kozicyn.pasha@gmail.com

А. И. Калугин, канд. физ.-мат. наук, Удмуртский федеральный исследовательский
центр УрО РАН

Разработка лазерного устройства для измерения профиля скважины

В данной статье были кратко описаны нелазерные методы измерения профиля скважины, приведены их особенности, преимущества и недостатки. Приведена сравнительная таблица характеристик современных скважинных инклинометрических систем, их основной недостаток заключается в малой точности измерения зенитного и азимутального углов. Рассмотрен известный лазерный метод измерения угловых расстояний, дано пояснение о его невозможности применения в условиях нефтяной скважины. С целью исправления выявленных недостатков существующих инклинометров в настоящей работе разработан и подробно рассмотрен принципиально новый лазерный метод измерения угловых расстояний, который позволяет получить точность на порядок выше, чем у всех существующих приборов на данный момент. Была разработана блок-схема лазерного устройства для измерения профиля скважины. Предлагаемое устройство не подвержено влиянию внешних электромагнитных полей и не зависит от магнитного поля Земли, а также имеет сравнительно малую себестоимость.

Ключевые слова: лазерный инклинометр, инклинометрия скважин, измерения профиля скважины, лазерный прибор для измерения угловых расстояний, скважинный инклинометр.

Введение

Разработка нефтяной скважины несет за собой большие экономические затраты по многим причинам, поэтому промах конечной точки бурения недопустим. Основными задачами при бурении скважины служат контроль искривления профиля скважины и контроль ориентации инструмента бурильных колонн для обеспечения оптимальных условий бурения и устранения различных аварий. Современные приборы для измерения профиля скважины не могут обеспечить высокую точность ввиду несовершенства принципов, заложенных в приборы, что сильно сказывается при больших глубинах бурения. Также некоторые типы современных приборов невозможно применять в магнитных бурильных трубах. Более точная измерительная система могла бы снизить риски промаха при бурении и существенно бы уменьшила экономические потери при разработке нефтяных месторождений.

Основная часть

В настоящее время существует несколько типов приборов для измерения положения оси скважины, в основе которых лежат разные физические принципы. Выделяют следующие типы:

- гравитационные датчики;
- датчики магнитного поля;
- гироскопические датчики.

Далее кратко рассмотрим каждый из них. Гравитационные датчики условно можно разбить на две группы. Датчики, дающие информацию о направлении вектора силы тяжести, относятся к первой группе. К ним, например, относятся различные виды физических маятников, поплавковых конструкций, где поплавок со смещенным центом тяжести находится в жидкости или в каком-либо подвесе; датчики с твердым шариком на вогнутой поверхности и с воздушным пузырьком под сферической вогнутой поверхностью, заполненной жидкостью; датчики, использующие свойство жидкости, сохраняющей горизонтальность своего уровня. Во вторую группу входят акселерометры – это датчики, реагирующие на величину ускорения и, в частности, на величину ускорения свободного падения [1].

Самым простым датчиком, относящимся к первой группе, является отвес. Он представляет собой специальный груз, закрепленный и подвешенный в одной точке и отклоняющийся во всех направлениях. В таких инклинометрических приборах, которые используют данный принцип измерения зенитного угла, чаще всего фиксируется величина отклонения нижнего конца отвеса от продольной оси прибора. Изменением длины отвеса получают варианты датчиков с различным диапазоном измерения зенитного угла [1].

Схема простейшего осевого акселерометра показана на рис 1, а. Чувствительный элемент – инерционная масса 1 – закреплен двумя пружинами 2 в корпусе прибора и может перемещаться только в направлении оси OZ , которую называют осью чувствительности. Перемещение в направлении осей OX и OY ограничено конструктивным путем. При наличии ускорения, в том числе и гравитационного, масса перемещается до тех пор, пока сила инерции от действия ускорения или составляющая гравитационной силы, направленной по оси OZ , не уравновесится силой противодействия пружин. Для успокоения колебаний при переходных процессах используется демпфер 3 . Величина перемещения массы, пропорциональная линейному ускорению, преобразуется в электрический сигнал, например, с помощью потенциометра 4 [1]. На рис. 1, б приведена схема маятникового акселерометра.

В качестве достоинств приборов данного типа можно указать: надежность, дешевизну, простоту в использовании; недостатков – невозможность использования в магнитной бурильной трубе; большая вероятность появления субъективной погрешности, связанной с ошибкой оператора, и т. д.

Классификация датчиков магнитного поля происходит по принципу использования в них различных физических явлений: магнитомеханические, индукционные, гальваномагнитные, кинетические, квантовые, магнитомеханические. Наиболее распространены магнитомеханические преобразователи. В основе их работы лежит принцип силового воздействия магнитного поля на ферромагнитный материал и, в частности, на магнитную стрелку. Такие датчики называют феррозондовыми. Упрощенная схема феррозонда параллельного типа показана на рис. 2.

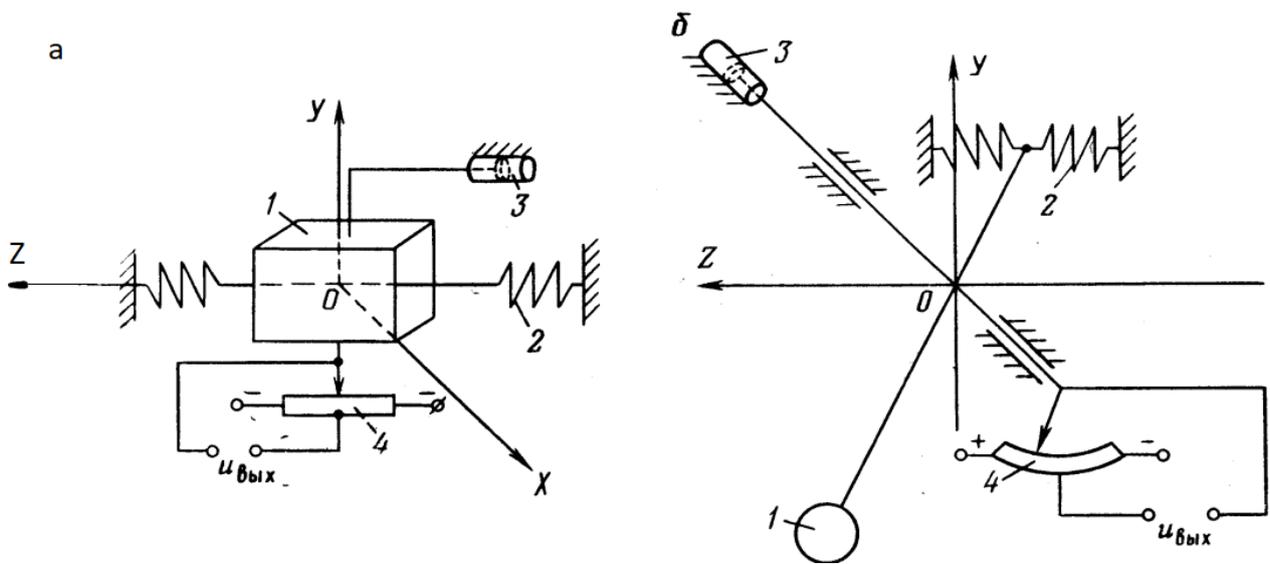


Рис. 1. Схемы простейших акселерометров [1]:
 1 – чувствительный элемент, 2 – пружины, 3 – демпфер, 4 – потенциометр

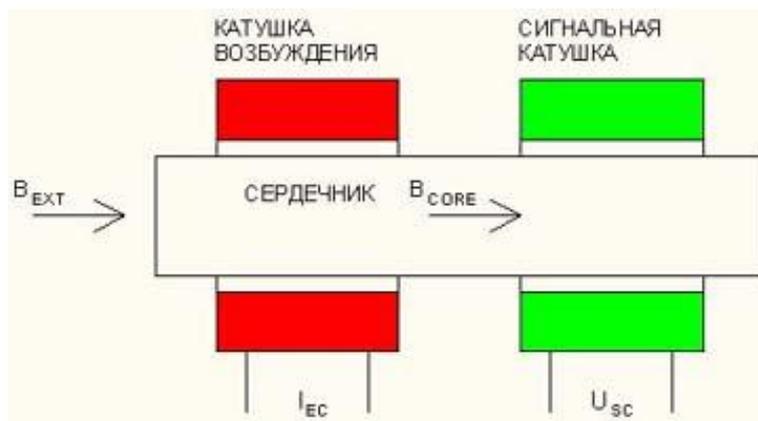


Рис. 2. Упрощенная схема феррозонда с полем возбуждения, параллельным измеряемому [2]

Конструкция феррозонда представляет собой ферромагнитный сердечник из магнитомягкого материала, на нем установлены сигнальная катушка и катушка возбуждения. Переменный ток возбуждения I_{EC} течет через катушку возбуждения, он создает внутри сердечника возбуждающее переменное магнитное поле, которое способно перемагнитить сердечник до насыщения. Намагниченность сердечника представляет собой нелинейную зависимость от возбуждающего поля, поэтому она изменяется во времени с частотой, вдвое большей частоты тока возбуждения. Следствием является то, что поток внешнего измеряемого магнитного поля, проходящего сквозь сердечник и сигнальную катушку, изменяется. Данный магнитный поток по закону электромагнитной индукции Фарадея создает в сигнальной катушке ЭДС E_{SC} , поэтому на выводах катушки появляется сигнальное напряжение U_{SC} . Недостатком данного принципа является

необходимость наличия большого количества сердечников для повышения точности устройства.

Гирскопические датчики также широко используются в инклинометрии. Они могут служить для определения как зенитных, так и азимутальных углов. Однако в основном их применяют для определения азимута, их преимуществом является то, что они не требуют привязки к магнитному полю Земли и, как следствие, могут применяться в скважинах, где окружающие породы имеют магнитные аномалии, в обсаженных скважинах, в высоких широтах, где горизонтальная составляющая магнитного поля очень небольшая. На рис. 3 представлено общее устройство гироскопа.

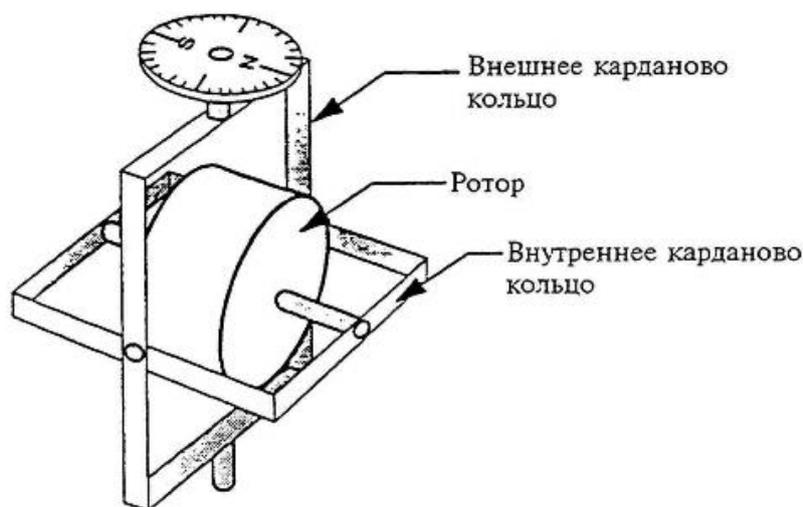


Рис. 3. Общее устройство гироскопа [1]

Гироскоп – твердое быстро вращающееся тело, ось вращения которого может изменять свое направление в пространстве. Для проявления своих свойств гироскоп должен выполнять следующие условия: во-первых, ось вращения гироскопа должна иметь возможность изменять свое направление в пространстве; во-вторых, угловая скорость поворота оси при изменении своего направления должна быть меньше, чем угловая скорость вращения собственно самого гироскопа вокруг своей оси [1].

Гироскоп состоит из укрепленного на валу вращающегося диска. Диск приводится в движение электродвигателем и может набирать частоту вращения более 40 тыс. об./мин. Этот диск (ротор) можно «сориентировать», или расположить, в известном направлении. Благодаря собственной инерции гироскоп сохраняет направление своего вращения. Таким образом, его можно применять для определения азимутального направления. Внутреннее и внешнее кардановы кольца позволяют ротору гироскопа сохранять свое первоначальное положение независимо от того, как он расположится в скважине [1].

Для сравнения характеристик приборов, в которых применяются различные перечисленные способы измерения азимута, приведем таблицу.

Характеристики инклинометрических систем

Тип ИС	Модель	Диапазон измерения ЗУ	Абсолютная точность измерения ЗУ	Диапазон измерения азимута	Абсолютная точность измерения азимута	Максимальная рабочая температура
Магнитомеханический	INCLIS	360°	± 0,2°	360°	± 0,5°	+85 °С
Гироскопический	ГИС-43	180°	± 0,2°	360°	± 3°	+90 °С
Феррозондовый	Mount Sopris QL40DEV	180°	± 0,5°	360°	± 1°	+70°С

Цены современных инклинометрических систем варьируются от 7 до 30 тысяч долларов. Как видно из сравнительной таблицы, современные инклинометрические системы имеют малую точность измерения углов, которая дает на больших глубинах скважин значительную погрешность положения оси скважины. Конечная точка бурения на расстояниях около километра может смещаться на величину порядка 15–20 метров, что может привести к промаху и большим экономическим затратам на повторное бурение. Необходимо разработать новый метод, который бы давал точность, на порядок большую, чем у современных инклинометрических систем, т. е. $\pm 0,02^\circ$ для зенитного и азимутального углов, что позволило бы достичь смещения порядка 1,5–2 метров на километр скважины. Также разработанное устройство позволит убрать недостатки всех предыдущих типов приборов. Лазерную систему можно применять в магнитных бурильных трубах, и она дает достаточно большую точность измерения углов.

Одно из возможных схемных решений было предложено в патенте [3]. Принцип работы лазерного инклинометра для длительной регистрации угловых наклонов земной поверхности основан на том, что при любых наклонах кюветы с жидкостью поверхность жидкости всегда остается перпендикулярна вектору ускорения свободного падения.

Несмотря на то что данный прибор обладает высокой точностью, он имеет ряд существенных недостатков, которые не позволят использовать приведенную схему для выполнения поставленной задачи. Прибор имеет следующие недостатки:

- измеряет только 1 угол;
- для реализации данной схемы в действии, габаритные размеры прибора должны быть достаточно велики, что не удовлетворяет поставленной задаче, так как диаметр скважины всего 146 мм;
- малый диапазон измерения углов, обусловленный ограничением поворота кюветы с жидкостью.

Для исправления указанных недостатков в настоящей работе был разработан лазерный прибор, который, благодаря своей конструкции, может производить измерения углов сразу в 2 плоскостях, т. е. измерять одновременно зенитный и азимутальный угол. Коротко о принципе работы устройства. Построение профиля скважины происходит следующим образом (рис. 4). Сначала прибор устанавливается в начало системы координат отсчета, связанной с Землей. Ось Z

направлена по направлению вектора ускорения свободного падения, ось X – на магнитный север Земли, ось Y перпендикулярна оси X , за начало координат принимается устье скважины. Далее прибор с шагом L перемещается в сторону забоя и производятся точечные измерения зенитного угла ω_3 и азимутального угла ω_a следующим образом:

- 1) приемная система фокусирует лазерный пучок прямоугольной формы на плоскость МФПУ;
- 2) определяется положение центра падающего пятна;
- 3) определяется зенитный угол ω_3 по следующей формуле:

$$\omega_3 = \arctg\left(-\frac{n}{f'}\right), \quad (1)$$

где f' – заднее фокусное расстояние приёмной системы; n – расстояние от центра изображения лазерного пятна до центра МФПУ;

- 4) рассчитывается азимутальный угол ω_a .

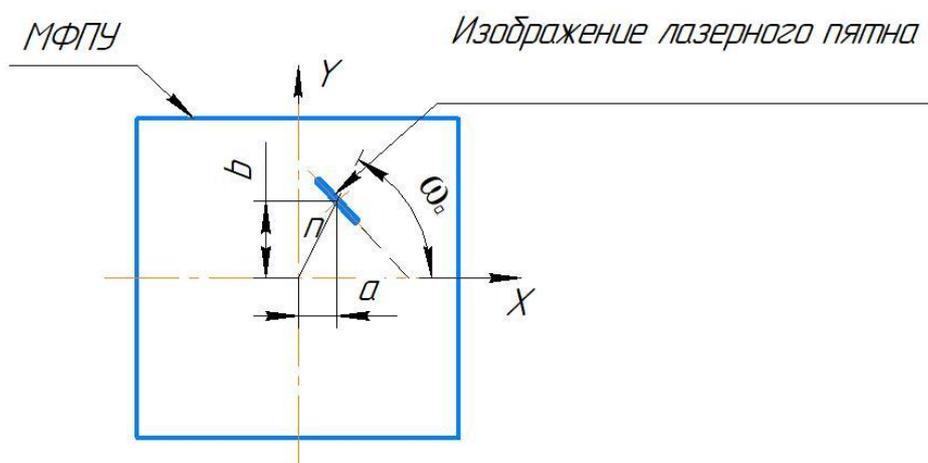


Рис. 4. Демонстрация метода измерения углов (a – расстояние от центра матричного фотоприёмного устройства (МФПУ) до центра пятна по оси X ; b – расстояние от центра МФПУ до центра пятна по оси Y ; n – расстояние от центра пятна до центра МФПУ; ω_a – азимутальный угол)

Зная данные углы и пройденное прибором расстояние, можно построить проекции пройденного прибором расстояния на каждую из осей выбранной системы координат:

$$dZ = L \cdot \cos(\omega_3), \quad (2)$$

$$dX = L \cdot \cos(\omega_a), \quad (3)$$

$$dY = L \cdot \sin(\omega_a). \quad (4)$$

При дальнейшем передвижении конечный угол последнего измерения будет служить начальной точкой для отсчета следующего угла. Таким образом, зная проекции на каждую из 3 координатных осей, можно определять положение оси скважины на каждом из интервалов измерений.

Рассмотрим блок-схему лазерного прибора для определения положения оси скважины (рис. 5). Конструкция прибора разделена на две основные части (передающая и приемная), находящиеся на расстоянии L друг от друга. К корпусу

прибора крепится шнур, выходящий в устье скважины и контролируемый оператором. С помощью шнура можно регулировать скорость передвижения прибора и извлечь его из скважины при необходимости. По стволу скважины данный прибор передвигается с помощью колес, прикрепляемых к корпусу на пружинах. Данная конструкция при выборе оптимальных параметров пружин позволяет поддерживать передвижение прибора по оси скважины без отклонений. Части прибора связаны между собой гибкой механической связью посредством шарниров, способной сохранять постоянное расстояние между приемной и передающей системой.

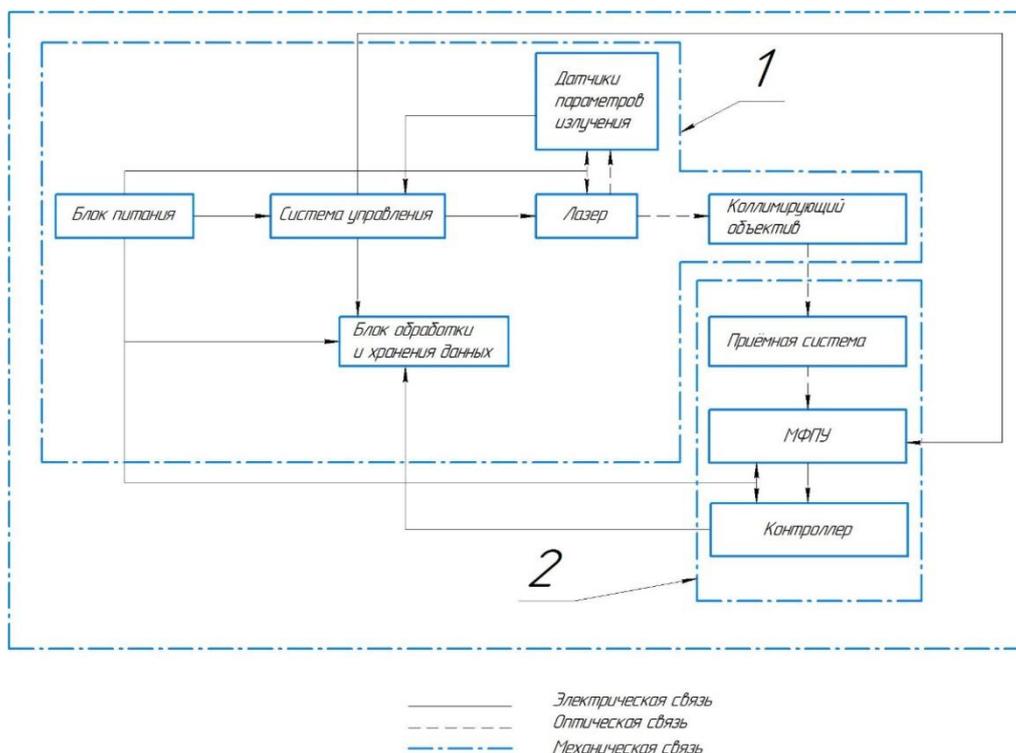


Рис. 5. Блок-схема лазерного прибора для определения профиля скважины:
1 – передающая часть; 2 – приемная часть

В передающую часть входят: блок питания, система управления, блок обработки и хранения данных, лазер, датчики параметров излучения и коллимирующий объектив. В приемную часть входят приемная система, матричное фотоприемное устройство (МФПУ) и контроллер.

Как можно увидеть из блок-схемы, данный прибор является автономным, что исключает необходимость наличия каротажного кабеля, что, в свою очередь, ведет к уменьшению экономических затрат.

Установка имеет следующие габаритные размеры: длина 1 м и диаметр по оси 100 мм. Данные габаритные размеры позволяют проводить измерения оси скважины со средним радиусом искривления порядка 1 градуса на метр.

Себестоимость прибора составляет 80 тысяч рублей, что примерно в 18 раз ниже средней стоимости современных инклинометрических систем.

Заключение

В ходе работы были проанализированы различные типы устройств для измерения профиля скважины, выявлены их недостатки, затем был разработан принципиально новый лазерный прибор, который устраняет недостатки используемых устройств и имеет ряд преимуществ:

- 1) возможность использования в магнитной бурильной трубе;
- 2) высокая точность измерения;
- 3) автономность системы;
- 4) небольшие габаритные размеры;
- 5) малая себестоимость.

Список использованных источников и литературы

1. Исаченко, В. Х. Инклинометрия скважин / В. Х. Исаченко. – Москва : Недра, 1987. – 216 с. – Текст : непосредственный.
2. Феррозондовый магнитометр с кольцевым сердечником из магнитомягкого феррита : сайт. – URL: http://imlab.narod.ru/M_Fields/Fluxgate_10/Fluxgate_10.htm (дата обращения: 10.04.2022). – Режим доступа: свободный доступ. – Текст : электронный.
3. Патент № 2740489 С1 Российская Федерация, МПК G01С 1/10, G01С 9/00. Лазерный инклинометр для длительной регистрации угловых наклонов земной поверхности : № 2020122047 : заявл. 29.06.2020 : опубл. 14.01.2021 / Ю. А. Будагов, М. В. Ляблин ; заявитель Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ).

P. R. Kozitsyn, student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, kozicyn.pasha@gmail.com;

A. I. Kalugin, sc.d. Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Development of a laser device for measuring the borehole profile

In this article, non-laser methods of measuring the borehole profile were briefly described, their features, advantages and disadvantages are given. A comparative table of the characteristics of modern borehole inclinometric systems is given, their main drawback is the low accuracy of measuring the zenith and azimuth angles. A patented laser method for measuring angular distances is proposed and described. An explanation is given about its impossibility of application in the conditions of an oil well. Also in this paper, a fundamentally new laser method for measuring angular distances is presented and considered in detail, which allows to obtain an accuracy an order of magnitude higher than that of all existing devices at the moment. A block diagram of a laser device for measuring the profile of a borehole was presented and described, the developed device is not affected by external electro-magnetic fields and does not depend on the Earth's magnetic field, and also has a comparatively low cost.

Keywords: laser inclinometer, borehole inclinometry, borehole profile measurements, laser device for measuring angular distances, borehole inclinometer.

А. А. Коновалова, студент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, anastasiakn34@mail.ru
Д. А. Якимова, студент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
А. А. Данилова, ст. преподаватель, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Рационализация финансовых ресурсов на предприятии

Рационализация финансовых ресурсов на предприятии в настоящее время — это стабильно развивающееся направление экономической деятельности организации. Оно предполагает необходимость аналитики экономики предприятия, бухгалтерского учета, финансовой деятельности и т. д. Данное направление включает разработку методов управления финансовыми ресурсами предприятия и их источниками.

В статье рассмотрены различные стороны планирования и исследования финансовых ресурсов в деятельности предприятий. Основной задачей данной статьи является рассмотрение базовых принципов управления финансовыми затратами и их источниками на предприятии. Предложен алгоритм проведения комплексного анализа финансового состояния предприятия и оценки эффективности его деятельности. В результате исследования были выявлены наиболее распространенные проблемы в повышении эффективности управления финансовыми процессами в организации. Была предложена рекомендация применения комплексного метода по рационализации финансовых ресурсов с целью устранения незапланированных затрат. В работе представлено практическое применение комплексного метода по управлению затратами на предприятии.

Ключевые слова: финансы, ресурсы, анализ, рационализация, метод.

Введение

В условиях современной экономической ситуации деятельность предприятий сталкивается с различными факторами, которые могут привести к дестабилизации финансовой системы организации. Для сохранения устойчивой финансовой деятельности предприятия необходимо применение мер, способствующих совершенствованию системы управления финансовыми ресурсами.

Эффективность использования финансовых ресурсов понимается как соотношение между использованными ресурсами и достигнутыми за соответствующий период результатами. Для принятия правильных управленческих решений по оптимизации использования финансовых ресурсов необходимо проводить их полный структурный анализ. Структура в данном случае необходима для оценки состава финансовых ресурсов. Данный анализ проводится для того, чтобы выявить слабые стороны в управлении финансовыми ресурсами, и понять, где именно нужно повышать их эффективность.

Целью исследования является разработка рекомендаций по рационализации финансовых ресурсов.

Для выполнения цели исследования выполнялись следующие задачи:

- выявление проблем в эффективности управления финансовыми ресурсами организации;

- изучение принципов и методов по управлению финансовыми ресурсами;
- анализ текущего процесса планирования финансовыми ресурсами на предприятии;
- разработка алгоритма проведения комплексного анализа финансового состояния предприятия, оценка эффективности его финансовой деятельности.

Основная часть

Согласно энциклопедическому словарю «Управление персоналом» рационализация (от лат. *rationflis* – разумный, *ratio* – разум) – усовершенствование, улучшение, введение более целесообразной организации чего-либо [1].

Финансовые ресурсы – совокупность всех видов денежных средств, финансовых активов, которыми располагает экономический субъект [2].

Таким образом, можно сделать вывод: рационализация финансовых ресурсов – это совершенствование финансовой деятельности предприятия с целью повышения ее операционной эффективности.

В статье рассмотрим основные моменты рационализации затрат на предприятии. Рационализацией затрат будет являться непрерывный процесс, за счет которого достигается минимальный уровень затрат на всем жизненном цикле продукции предприятия.

В ходе анализа были выявлены основные предпосылки для рационализации затрат на предприятии:

- неправильная постановка цели руководителями организации, вследствие чего может уделяться мало внимания некоторым финансовым показателям;
- нецелесообразное проведение аналитики финансовой деятельности, вследствие чего может возникнуть проблема в разработке направлений по повышению эффективности финансовых ресурсов;
- снижение эффективности использования имеющихся денежных средств;
- увеличение затрат;
- увеличение себестоимости продукции.

На сегодняшний день имеется несколько методов по рационализации финансовых ресурсов, рассмотрим некоторые из них.

1. Бюджетирование – метод планирования, учета, контроля и анализа показателей деятельности (в денежном выражении) [4].

2. Контроллинг – планирование, управленческий учет, разработка бюджетов, контроль и анализ отклонений от плановых, фактических результатов деятельности, выработка оптимальных управленческих решений [3]. Недостатком данного метода будет являться наличие потребности в глобальной корректировке уже слаженной финансовой деятельности предприятия, что может привести к конфликтам.

3. ЛСС-анализ. Заключается в определении затрат производства на протяжении всего жизненного цикла[4].

4. И др.

Для рационализации финансовых ресурсов предприятия в статье предлагается комплексный метод, совмещающий в себе несколько принципов по управлению

затратами. Он проводится согласно последовательности, которая позволит выявить, насколько эффективно используются финансовые ресурсы.

Методика проводится согласно следующим этапам:

1. Определение цели применения методики. Данный этап позволит выявить конкретную проблему деятельности и выявить резервы для повышения эффективности деятельности предприятия.

Задачей этапа является составление из различного рода данных, отражающих отдельные явления и факты, общей, целостной картины рассматриваемого процесса, выявить присущие ему риски.

2. Определение затрат каждого из процессов. На данном этапе LCC-анализ будет являться наиболее объективным показателем оценки затрат на каждом этапе жизненного цикла продукции.

«LCC» («LifeCycleCosting» – управление затратами жизненного цикла).

Сущность этого принципа заключается в том, что расходы определяют применительно не к деятельности предприятия за ряд периодов, а на производство и продажу конкретного продукта в течение всего его жизненного цикла. Плановые расходы формируются согласно каждой стадии жизненного цикла продукта. С целью выявления результатов разработки и выведения нового продукта на рынок затраты по этапам жизненного цикла аккумулируются нарастающим итогом.

Принцип LCC страдает неопределенностью в учете накладных издержек: если их не учитывать, страдает комплексность используемых данных; если учитывать, то используемая информация приобретает вероятностный характер, поэтому необходимо применение ABC-анализа.

3. Определение видов деятельности, которые вызывают затраты. Для проведения данного этапа необходимо применение ABC-анализа, разработанного учеными Р. Купером и Р. Капланом. Данный анализ позволит распределить затраты на ресурсы, оценить эффективность использования ресурсов, выявить затраты, которые занимают большее место в общем объеме расходов и которых следует избежать. В результате проведения ABC-анализа будут выявлены финансовые ресурсы, в наибольшей степени влияющие на всю финансовую деятельность предприятия;

4. Проверка эффективности. Проверка эффективности проводится путем применения принципа Парето. По сути, принцип Парето – это отражение неравномерности распределения причин и следствий. Но в нашем случае это принцип, позволяющий выделить процессы и затраты, которым нужно в большей степени уделить внимание, то есть это те, что будут занимать 80 % усилий и давать 20 % результата. При принятии управленческих решений стоит перейти к другой пропорции – 20 % усилий и 80 % результата.

Выполнение вышеуказанных этапов позволят организации:

- изучить динамику изменения величины затрат;
- изучить структуру затрат по элементам;
- изучить причины изменения затрат;
- выявить непроизводительные расходы, потери и принять решение по их устранению;
- оптимизировать затраты в организации [5].

К достоинствам данного метода можно отнести также отсутствие необходимости внесения изменений в уже существующий процесс финансовой деятельности, так как предложенный метод рационализации финансовых ресурсов является способом для оценки эффективности использования имеющихся денежных средств.

Рассмотрим применение данного метода на примере. В деятельности предприятия выявились большие затраты финансовых средств по сравнению с предыдущим годом. Необходимо выявить причину и устранить ее.

1. Цель применения методики: устранение причин больших финансовых затрат по сравнению с предыдущим годом на предприятии при условии, что план производства предприятия не увеличивался.

2. По предоставленным расчетам подразделений проводится анализ факта выполнения их бюджета за предыдущий и текущий год. При выявлении наибольшего отклонения в подразделении N проводится подробный анализ затрат данного подразделения;

3. В табл. 1 отражен LCC-анализ. Проводится разбор всех затрат на процессы подразделения. Выявлено наибольшее отклонение у затрат на качество (табл. 1). В 2021 году затратили на 172,13 % больше, чем в прошлом году.

Таблица 1. Расчеты бюджета предприятия за предыдущий и текущий год

Параметр	ЗП, у.е.		Материальные затраты, у.е.		Амортизация, у.е.		Административные расходы, у.е.		Затраты на качество, у.е.	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Приемка деталей на участок	560	600	1256	1756	236	245	52	55	12	25
Сборка	790	890	12	15	245	266	125	123	15	44
Нормировка	250	199	45	46	254	287	100	103	11	39
Контроль качества	470	490	23	54	263	308	99	126	113	169
Упаковка	477	450	150	160	272	329	14	15	136	217
ИТОГО	2547	2629	1486	2031	1270	1435	390	422	287	494
Отклонение, %	103,22		136,68		112,99		108,21		172,13	

Таким образом, наибольшее отклонение от факта предыдущего года выявлено у затрат на качество. На данном этапе, невозможно отметить, чем это обусловлено, поэтому необходимо провести ABC-анализ.

4. В табл. 2 отражена структура затрат на качество, а также их классификация с помощью ABC-анализа. Результат анализа показал, что убытки от брака относятся к группировке C, это значит, что они занимают большую часть бюджета.

Таблица 2. Классификация затрат на качество и их расчеты

Параметр	Приемка на участок	Нормировка	Сборка	Контроль качества	Упаковка	ИТОГО	Доля	Совокупный %	Группировка
Затраты на предупреждение дефектов	1	9	2	17	62	91	18,42	18,42	А
Проектирование и аудит	9	13	8	47	12	89	18,02	36,44	А
Затраты на контроль	1	13	3	19	78	114	23,08	59,51	А
Убытки от брака	14	4	31	86	65	200	40,49	100,00	С
ИТОГО	25	39	44	169	217	494	100,00		

Выявлено, что убытки от брака занимают наибольшую часть затрат на качество, необходимо их проанализировать и выявить причину расходов.

5. Согласно принципу Парето, на данный момент мы имеем 80 % усилий (вложений на устранение брака), но это дает лишь 20 % результата – убытки не снижаются по сравнению с другими затратами, которые тоже были оптимизированы. Так как первые 3 вида затрат включены в стоимость продукции, а убытки покрывает сам производитель, это дает нам повод воспользоваться принципом Парето и поменять пропорцию при принятии управленческого решения о распределении бюджета. Новая пропорция будет состоять из 20 % вложений (по сравнению с предыдущими), которые будут приносить 80 % результата, то есть убытки будут снижаться, если мы рационально вложим деньги в устранение причины дополнительных затрат.

Таким образом, с помощью метода рационализации финансовых ресурсов выявили, что затраты на качество, а конкретно затраты на брак повлияли на увеличение фактических общих затрат в большей степени, чем остальные. Причина этого в том, что они не были направлены на устранение коренного фактора. Следовательно, нужно поменять план распределения бюджета либо пропорцию согласно принципу Парето.

Комплексный метод, сочетающий в себе различные принципы управления ресурсами, позволит правильно функционировать финансовой системе, своевременно выявлять проблемы и применять корректирующие действия для предупреждения последствий обнаруженных рисков.

Таким образом, данный метод позволил определить конкретную проблему в управлении затратами предприятия и найти ее причины, а также пути решения.

Заключение

Финансовые ресурсы представляют особую значимость в деятельности предприятия, поэтому они нуждаются в постоянном планировании и анализе. В ходе исследования разработали рекомендации по рационализации финансовых ресурсов предприятия. Изучив различные методы системного анализа, пришли к выводу, что объединение методов Парето, LCC, ABC и их комплексное исполь-

зование гораздо эффективнее для распределения бюджета организации. Предложенный комплексный метод является многоцелевым. Он дает возможность проводить укрупненный анализ всех экономических средств и процессов предприятия, помогает оптимизировать использование ресурсов в организации, определить оптимальные схемы взаимодействия с контрагентами, что поможет привести к росту прибыли и оптимизации финансовых потоков.

Список использованных источников и литературы

1. Дятлов, С. А. Управление персоналом : учебное пособие для студентов экономических вузов и факультетов / С. А. Дятлов, А. Я. Кибанов, В. Т. Пихало. – Москва : Приор, 1998. – 512 с. – ISBN 5-7990-0133-8.

2. Словарь предпринимателя / С. А. Артюхин, А. В. Башлыков, М. П. Буров [и др.]. – Москва : Дашков и К, 2016. – 580 с. – ISBN 978-5-394-02677-5. – EDN YSKIJF.

3. Юзвович, Л. И. Контроллинг как система управления финансовой деятельностью предприятия / Л. И. Юзвович, Е. П. Кузнецова, А. В. Юзвович // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 3. – С. 229–233.

4. Беланова, Н. Н. Методы управления затратами / Н. Н. Беланова, Е. М. Альсова // Наука России: цели и задачи : сборник научных трудов по материалам XX Международной научной конференции, Екатеринбург, 10 апреля 2020 года. – Екатеринбург : Л-Журнал, 2020. – С. 42–45. – DOI 10.18411/sr-10-04-2020-12.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018660746 Российская Федерация. Программа для анализа процессов жизненного цикла продукции в соответствии с требованиями ИСО 9001:2015 : № 2018617780 : заявл. 24.07.2018 : опубли. 28.08.2018 / А. А. Данилова.

A. A. Konovalova, student, anastasiakn34@mail.ru

D. A. Yakimova, student

A. A. Danilova, Senior Lecturer

IzhGTU named after M.T. Kalashnikov

Rationalization of financial resources at the enterprise

The rationalization of financial resources at the enterprise is currently a steadily developing direction of the economic activity of the organization. It implies the need for analytics of the enterprise economy, accounting, financial activities, etc. This direction includes the development of methods for managing the financial resources of the enterprise and their sources.

The article discusses various aspects of planning and research of financial resources in the activities of enterprises. The main objective of this article is to consider the basic principles of managing financial costs and their sources in the enterprise. An algorithm for conducting a comprehensive analysis of the financial condition of an enterprise and evaluating the effectiveness of its activities is proposed. As a result of the study, the most common problems in improving the efficiency of managing financial processes in an organization were identified. A recommendation was made to use an integrated method for rationalizing financial resources in order to eliminate unplanned costs. The paper presents the practical application of an integrated method for managing costs in an enterprise.

Keywords: finance, resources, analysis, rationalization, method.

П. И. Мухаметгалева, бакалавр, muhametgaleevap@gmail.com
А. А. Данилова, старший преподаватель, aa_danilova@mail.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Система контроля автомобиля с применением инновационных технологий

Во все времена автомобиль являлся средством повышенной опасности. По последним данным ГИБДД, статистика дорожно-транспортных происшествий с каждым годом снижается, но по-прежнему находится на уровне выше 100 тысяч. В связи с этим возникает необходимость минимизации риска возникновения дорожно-транспортных происшествий.

В работе представлена система, которая представляет собой модель контроля автомобиля с использованием возможностей искусственного интеллекта и доступных технологий современности. Искусственный интеллект, получая информацию извне посредством приборов, отслеживает состояние транспортного средства и пассажиров, опираясь на полученные данные, он принимает решения на основе заложенных методик и алгоритмов. Также предложены новые режимы передвижения в условиях плохой и ограниченной видимости и режим для передачи транспортного средства во временное пользование другому человеку. Данная модель системы предназначена для управления автомобилем с автоматической трансмиссией для максимального комфорта и безопасности водителя и пассажиров.

Ключевые слова: искусственный интеллект, глонасс, транспортное средство, эко-локация.

На сегодняшний день автомобиль является средством повышенной опасности, согласно официальным данным ГИБДД, за период с начала 2016 года по конец 2021 года было зарегистрировано 941 332 случая дорожно-транспортных происшествий (далее ДТП), 104 200 человек погибло и 1 196 925 ранено (рис. 1) [1].

В сложившейся ситуации возникает необходимость снижения количества ДТП и минимизации их последствий.

Для определения скорости движения и положения авто на данный момент используется система ГЛОНАСС, по официальным данным установка системы ГЛОНАСС является обязательной для новых автомобилей на территории Российской Федерации с 1 января 2017 года. Проведя анализ результатов внедрения системы ГЛОНАСС, видно, что ее эффективность не высока, о чем свидетельствует диаграмма за 2016–2017 гг. на рис. 1 [1, 2].

Одним из способов решения существующей проблемы является использование искусственного интеллекта для контроля автомобиля.

В статье предложена система, принцип работы которой заключается в получении информации извне, представляющая собой модель контроля автомобиля с использованием возможностей искусственного интеллекта (далее ИИ). С помощью приборов система отслеживает состояние транспортного средства и самочувствие пассажиров, в дальнейшем принятие решений зависит от критической ситуации и методик, заложенных в нее. Использование системы будет возможным за счет управления через голосовые команды, что позволит полностью сосредоточиться на управлении автомобилем.

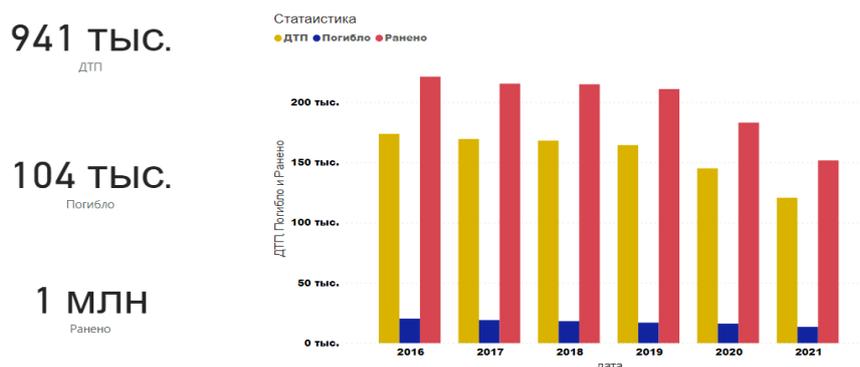


Рис. 1. Статистические данные за период с 2016 по 2021 г.

Спектр использования ИИ в управлении автомобилем широк, начиная от автозапуска и заканчивая вызовом бригады скорой помощи на место ДТП.

Условно элементы системы можно разделить на такие подсистемы, как система предупреждения, система контроля состояния водителя и пассажиров, система помощи водителю, которые в свою очередь состоят из элементов и подэлементов.

Первая группа охватывает подсистемы предупреждения, которые ориентируются на уклонение от ДТП. Данные элементы предназначены для того, чтобы предотвратить столкновение как с движущимися, так и с недвижимыми объектами. Методы предотвращения столкновения разрабатывает ИИ, и информация доводится до водителя. В случае игнорирования предупреждения об опасности возможно принудительное снижение скорости ТС (транспортное средство) вплоть до его полной остановки в соответствии с положением 10.1 Правил дорожного движения [3].

Техническое оснащение системы представлено на рис. 2.

Следующая группа подсистем делает упор на состояние водителя и его пассажиров. Инновационные технологии позволяют отслеживать физические и психосоматические показатели водителя. Собранная информация данной группы помогает ИИ выработать рекомендации для корректировки режима езды. Образцом использования данной технологии является система ATTENTION ASSIST, от компании Mercedes-Benz провели анализ ряда показателей на скорости от 60 до 200 км/ч. Если система ATTENTION ASSIST фиксирует низкую степень внимательности, она указывает на необходимость остановки с помощью символа и звукового сигнала [4].

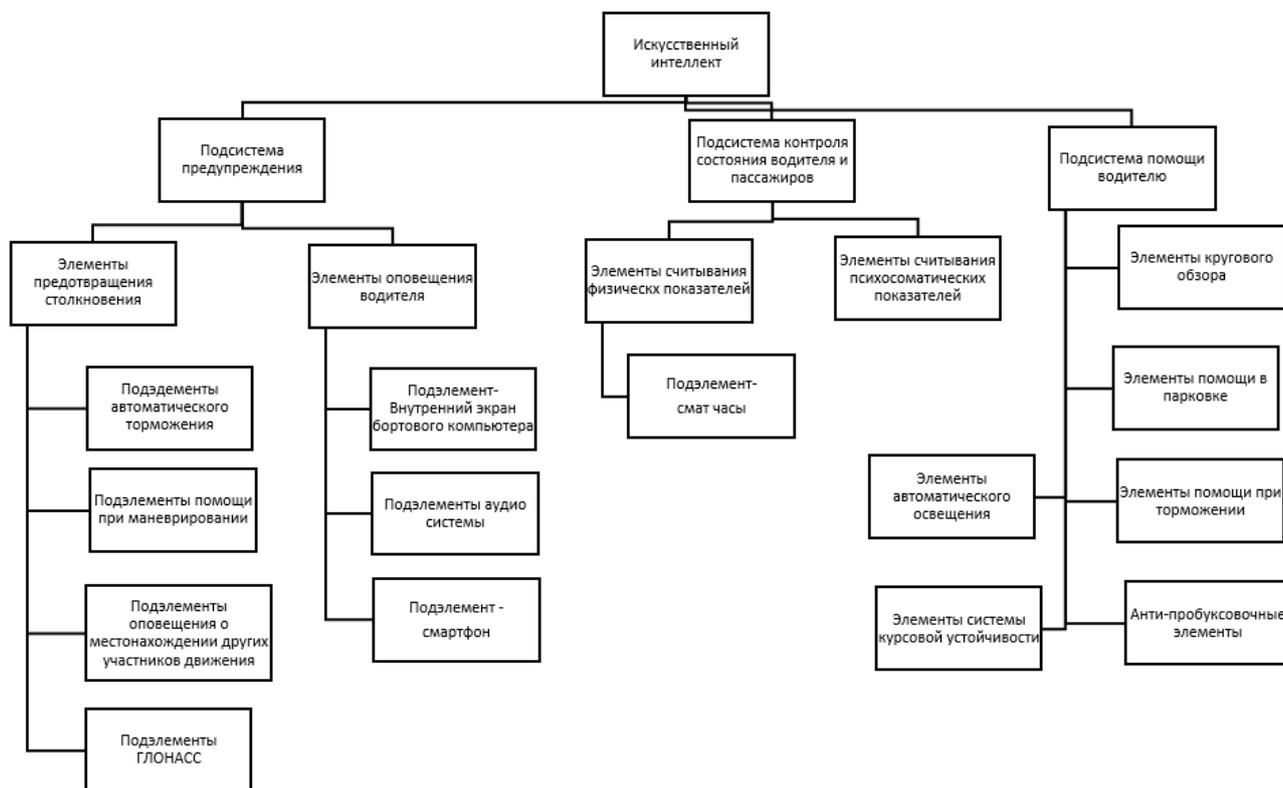


Рис. 2. Классификация элементов системы контроля автомобиля с применением инновационных технологий

Третья группа подсистем помощи водителю представляет собой комплекс элементов, направленных на помощь водителю. Эти элементы призваны компенсировать недостаток опыта или сил и помочь водителю преодолеть трудности управления автомобилем. Ярким примером применения таких технологий является система курсовой устойчивости (ESP) [5].

В качестве примера применения системы рассмотрим ситуацию, когда, выезжая с парковочного места (в ограниченном пространстве), вы столкнулись с проблемой плохого сцепления с дорогой (гололед и колеи) (рис. 3).

Система предназначена для управления автомобилем с автоматической трансмиссией. На автомобилях с автоматической трансмиссией есть стандартный набор передач, таких как драйв, эко, паркинг и т. д. Рассмотрим возможность внедрения специальных режимов передвижения:

1. «Гость». При необходимости передать свой автомобиль во временное пользование другому человеку, можно активировать режим «Гость». Этот режим дает возможность скрыть личную информацию и выставить определенные ограничения по мощности, предоставляя функцию установки пароля. При его введении система скроет все, что владелец не посчитает нужным знать временному водителю, а также не даст ехать быстрее, чем задано в настройках данного режима. Настройки режима «Гость» формирует сам владелец.

2. «Глаз». Данный режим используется в периоды плохой видимости, движение производится на низкой скорости на датчиках наружного наблюдения. Эхолокация позволяет определить месторасположение других транспортных средств и избежать столкновения.

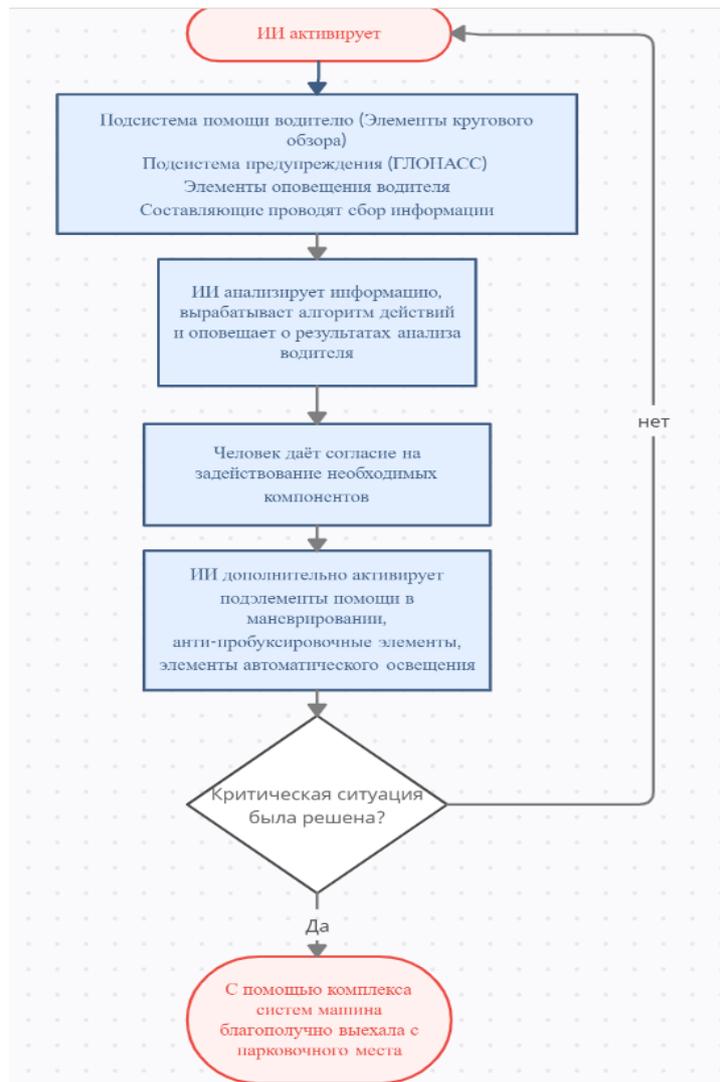


Рис. 3. Процесс взаимодействия элементов системы

Автомобиль оснащен датчиками и при их помощи производится самостоятельная диагностика поломок.

После запуска автомобиля система проводит диагностику и выводит на дисплее мультимедийного комплекса сообщение о неисправности. При этом искусственный интеллект предлагает варианты решения неисправности, а также связаться с мастерской. Также диагностика проводится сразу же после ДТП для оценки состояния автомобиля.

Результаты диагностики после ДТП отправляются в главный центр управления, поступившая информация передается заинтересованному лицу или в службу спасения, действия зависят от состояния автомобиля и его пассажиров. Жизненные показатели пассажиров отслеживаются за счет умных часов не только во время ДТП, но и во время движения. Если водителю стало плохо во время движения, на машине включается аварийный знак и автомобиль начинает постепенно замедляться.

Искусственный интеллект собирает и передает в случае ДТП такие данные: координаты места аварии; скорость транспортного средства на момент аварии;

вид срабатывания сигнала тревоги (датчик удара или переворота, принудительный вызов); данные о машине: марка, номер, тип двигателя (бензин, дизель, электро или гибрид); количество пристегнутых ремней безопасности; состояние водителя и пассажиров (при наличии на них смарт-часов)

Смарт-часы также позволяют проконтролировать состояние водителя и во время движения автомобиля. С возможностями умных часов снизится риск негативных последствий ДТП. В умные часы встроен пульсометр, есть возможность отправки показаний пульсометра на другое устройство, что позволит ИИ контролировать самочувствие водителя и пассажиров. Умные часы способны сделать ЭКГ, сопоставимую с электрокардиограммой, что значительно сократит время на оказание медицинской помощи пострадавшим [6].

Стоимость внедрения системы эхо-локации составляет 117 065 рублей, набор эхо-локации 87 065 рублей, стоимость установки в автомобиль составляет 30 000 рублей. Выручка составляет 175 597,5 рублей, при продаже системы за 292 662,5 рублей.

Стоимость разработки модели ИИ составляет 20 000 000 рублей. При выпуске партии в размере 1000 автомобилей себестоимость внедрения в один автомобиль составляет 20 000 рублей. Стоимость обслуживания и поддержания системы составляет 2 000 000 рублей в год. Итого себестоимость внедрения ИИ для производителя составляет 40 000 рублей (при обслуживании ИИ в срок нормативной эксплуатации автомобиля, установленный российским законом равным 10 годам). Выручка для производителя с одного автомобиля составляет 60 000 рублей (при его продаже за 100 000 рублей), что при продаже всей партии составляет 60 000 000 рублей.

Повсеместное применение системы позволит свести к минимуму количество экстремальных ситуаций, что в свою очередь положительно отразится на снижении дорожно-транспортных происшествий. Применение системы возможно не только в сегменте автотранспорта, но и других сферах деятельности.

Список использованных источников и литературы

1. Статистика ДТП. Date Views 25.02.2022 stat.gibdd.ru.
2. Патент № 2649628 С1 Российская Федерация, МПК G01C 21/24, G01S 19/00. Система точной навигации подвижных объектов с использованием данных наземной инфраструктуры ГЛОНАСС : № 2017108861 : заявл. 16.03.2017 : опубл. 04.04.2018 / В. В. Чернявец.
3. Правила дорожного движения. Date Views 10.03.2022 www.pdd24.com/pdd/pdd10.
4. Официальный сайт Mercedes-Benz. Date Views 10.03.2022. – URL: www.mercedes-benz.ru/vans/ru/vito-fl/tourer-private/equipment/standard-equipment-highlights/teaser-group/attention-assist.
5. Патент № 2660977 С2 Российская Федерация, МПК B60K 31/00, G08G 1/00, B60W 30/08. Способ обеспечения курсовой устойчивости и безопасности автомобиля и устройство для его осуществления : № 2016147027 : заявл. 30.11.2016 : опубл. 11.07.2018 / Н. А. Самоцвет, В. П. Лихачев, С. Н. Панычев [и др.] ; ООО «Инновационный центр «Самоцвет» (ООО «ИЦ «Самоцвет»).

6. Обзор на тему «Умные часы» / А. Э. Корнев, Г. С. Белокрылов, Р. Д. Брылев, Н. А. Калинин // Электронные средства и системы управления : материалы докладов Международной научно-практической конференции. – 2021. – № 1-2. – С. 126–129.

P. I. Mukhametgaleeva, bachelor, muhametgaleevap@gmail.com

A. A. Danilova, senior lecturer, aa_danilova@mail.ru

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Vehicle control system using innovation technologies

At all times, the car was a means of increased danger. According to the latest data of the traffic police, the statistics of road accidents every year decreases, but is still above 100 thousand. Therefore, there is a need to minimize the risk of accidents.

The paper presents a system that is a model of control of the car using the capabilities of artificial intelligence and available technologies of the modern. The artificial intelligence receiving information from outside through devices tracks the state of the vehicle and passengers, based on the obtained data it makes decisions based on the established methods and algorithms. Also proposed are new modes of travel in conditions of poor and limited visibility and a mode for the transfer of the vehicle in temporary use to another person. This model of the system is designed to control the car with an automatic transmission for maximum comfort and safety of the driver and passengers.

Keywords: artificial intelligence, glonass, smart home system, smart watch, vehicle, tracking device, sensors, echolocation, camera, microphone.

А. М. Решетникова, магистрант, nastyuna.resh@mail.ru
Л. В. Волкова, канд. техн. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Оценка влияния температуры и магнитного поля на измерения напряженно-деформированного состояния в элементах металлоконструкций

На целостность металлических конструкций могут оказывать большое влияние остаточные напряжения, появлению которых способствуют нагрев и охлаждение материала, вызывающие фазовые и структурные превращения, а также термические напряжения при неоднородном температурном поле и структурных превращениях. Для оценки напряжений наиболее перспективным является акустоупругий метод, основанный на измерении скоростей упругих волн. Поэтому скорости ультразвуковых волн необходимо оценивать с высокой точностью. В данной работе представлены результаты исследования влияния температуры объекта контроля и магнитного поля на скорость поперечной волны, поляризованной во взаимно перпендикулярных направлениях при оценке напряженно-деформированного состояния в элементах металлоконструкций методом акустоупругости. При нагревании стандартного образца СО-2 скорость поперечной волны уменьшается и не изменяется при воздействии приложенного и остаточного магнитного поля.

Ключевые слова: метод акустоупругости, температура, магнитное поле, поперечная волна.

Введение

Конструкции и изделия из металла широко применяются в промышленной, коммуникационной, строительной и транспортной деятельности человека.

Для обеспечения безопасного использования металлоконструкций, важно обеспечить прочностные характеристики, коррозионную стойкость и усталостную долговечность. На эти характеристики большое влияние оказывают остаточные напряжения, возникающие в процессе изготовления и эксплуатации элементов металлоконструкций.

Из-за остаточных напряжений могут возникать внутренние дефекты, такие как трещины, приводящие к разрушению конструкции. Зонай концентрации остаточных напряжений могут служить поры, шлаковые включения, а также сварные соединения, т. к. в зоне около сварного шва присутствует структурное изменение, вызванное неравномерным нагревом зоны сварного шва и прилегающих к ней участков. Как показывают исследования, коррозионные повреждения тесно связаны с напряженно-деформированным состоянием и также могут привести к снижению прочности и целостности конструкции [1, 2].

На сегодняшний день немало известно методов и разработано методик для оценки напряженно-деформированного состояния в железнодорожных колесах,

бандажах локомотивных колес, рельсах, магистральных газопроводов [3–5]. С целью получения надежной оценки и большей точности, наиболее перспективным методом является акустоупругий, основанный на измерении скоростей упругих волн [6, 7]. Однако не проведена оценка мешающих факторов при контроле напряженного состояния и появления систематической ошибки при проведении таких измерений. Интерес вызывают факторы, которые могут повлиять на неразрушающий контроль напряженно-деформированного состояния.

Целью работы являлось исследовать влияние температуры объекта контроля и магнитного поля на скорость поперечной волны.

Описание эксперимента

Для проведения экспериментов использовались: структуроскоп электромагнитно-акустический СЭМА, разработанный на кафедре «Приборы и методы измерения, контроля, диагностики» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, с электромагнитно-акустическим преобразователем (ЭМАП) [8] и стандартный образец СО-2.

Для проведения экспериментов по оценке влияния температуры на скорость поперечной волны была использована печь муфельная Project 30/1250 и собиралась установка, представленная на рис. 1. Проводились два вида испытаний. В первом случае в печи нагревали только стандартный образец до определенной температуры, затем вынимали и сверху устанавливали электромагнитно-акустическим преобразователь для проведения измерений. Во втором случае в печь помещали одновременно стандартный образец и ЭМАП, когда в печи достигалась определенная температура, производили измерения.



Рис. 1. Схема нагревания

Для проведения экспериментов по оценке влияния магнитных полей на скорость поперечной волны была использована установка, представленная на рис. 2.

Эксперимент проводили с помощью стандартного образца СО-2 и намагничивающего устройства МД-12ПШ. Измерения проводили на различном расстоянии (L) намагничивающего устройства от СО-2. При приближении на каждые 5 см проводили измерения времени прохождения ультразвуковых импульсов в СО-2 и замеряли величину магнитной индукции в точке 1 при помощи миллитесламетра ТПУ-2У. После каждого перемещения намагничивающего устройства СО-2 размагничивали. Измерения проводились при приложенном поле и остаточном.

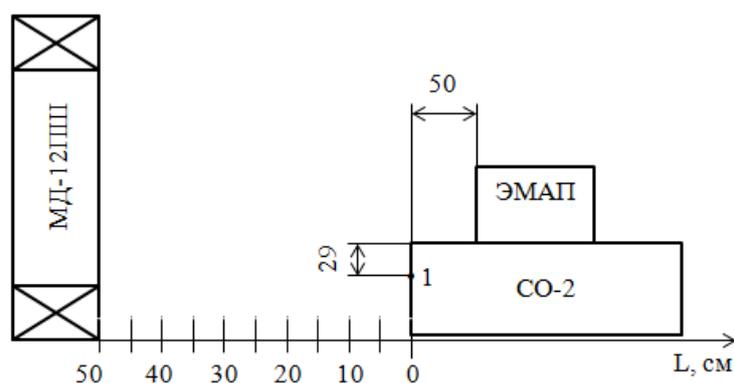


Рис. 2. Схема приложения магнитного поля:
1 – точка измерения магнитной индукции

Регистрация эхо-сигналов проводилась программой «Регистратор высокочастотных аналоговых сигналов «ПРИНЦ», предназначенной для ручного управления узлами прибора и наблюдения регистрируемых сигналов. Регистрируемый структуроскопом сигнал представляет собой серию многократно отраженных импульсов поперечных, горизонтально поляризованных волн по двум каналам. По зарегистрированным сигналам фиксировали время прихода первого и четвертого донного импульса. Скорость ультразвуковой волны рассчитывалась по разнице времен прихода двух донных импульсов.

Результаты и их обсуждения

На рис. 3 и 4 представлены графики зависимости скоростей двух поперечных волн с взаимно перпендикулярной поляризацией от температуры объекта контроля.

По приведенным графикам определили, что скорость с увеличением температуры объекта контроля линейно уменьшается. При увеличении температуры СО-2 на 15 градусов скорость уменьшается на 10 м/с, при увеличении температуры СО-2 и ЭМА преобразователя на 10 градусов скорость уменьшается на 4 м/с. Косвенная погрешность измерений составила 2,8 м/с.

Из полученных зависимостей определили температурный коэффициент T по формуле

$$T = \frac{C_1 - C_2}{T_2 - T_1},$$

где C_1, C_2 – скорость при начальной и конечной температуре соответственно; T_1, T_2 – начальная и конечная температура соответственно.

Таким образом, температурный коэффициент равняется 0,4 м/с на 1 градус Цельсия.

На рис. 5 и 6 приведены графики зависимости скорости поперечной волны, поляризованной в двух перпендикулярных направлениях, от приложенного и остаточного магнитного поля при различном расстоянии между намагничивающим устройством и стандартным образцом СО-2. Данные графики показывают, что с увеличением расстояния между намагничивающим устройством и стандартным образцом действие магнитного поля ослабевает и скорость волны

изменяется в пределах погрешности измерений. При отдалении намагничивающего устройства на 50 см от образца скорость уменьшается на 1,3 м/с при остаточном магнитном поле и на 1,1 м/с при приложенном магнитном поле, что в пределах погрешности измерений.

Таким образом, магнитное поле не влияет на измерения электромагнитно-акустического преобразователя.

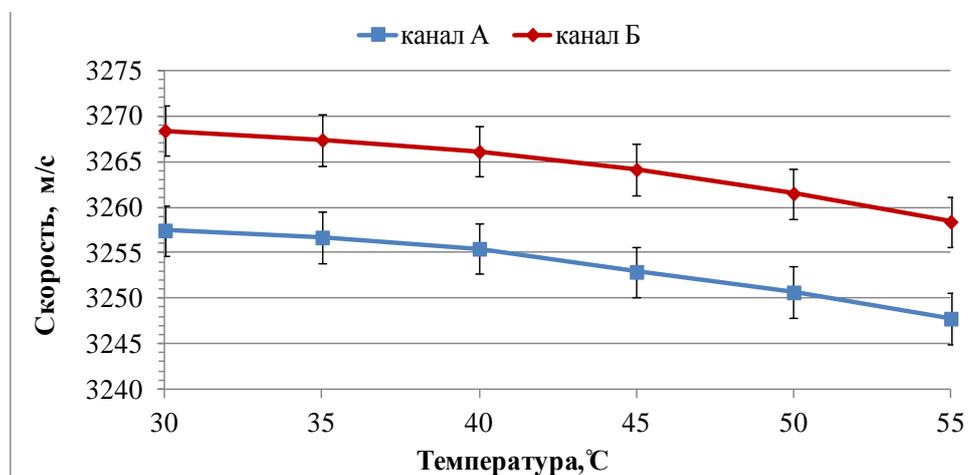


Рис. 3. График зависимости скорости от температуры, нагрев без датчика

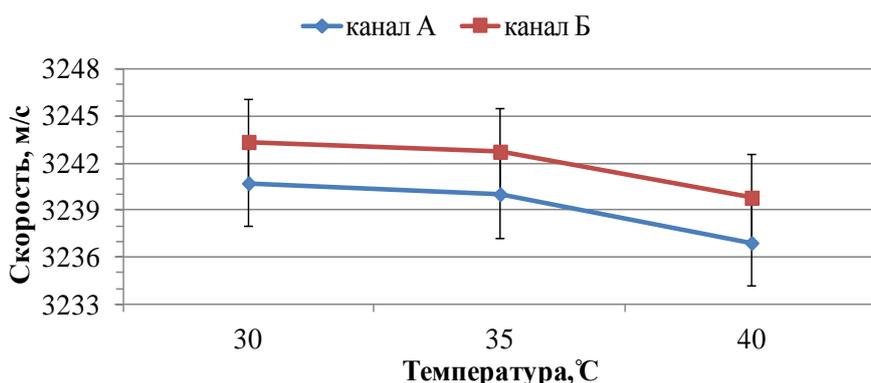


Рис. 4. График зависимости скорости от температуры, нагрев с датчиком

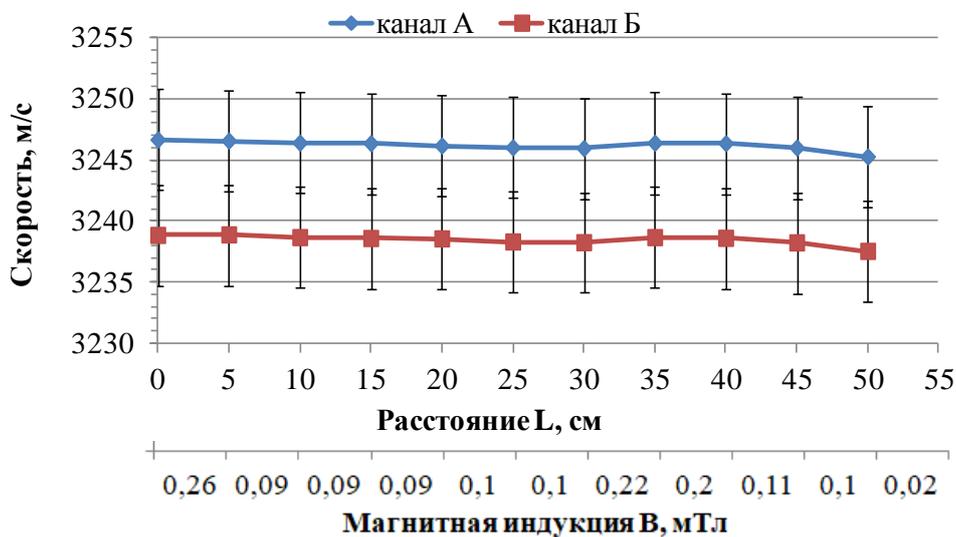


Рис. 5. График зависимости скорости от остаточного магнитного поля

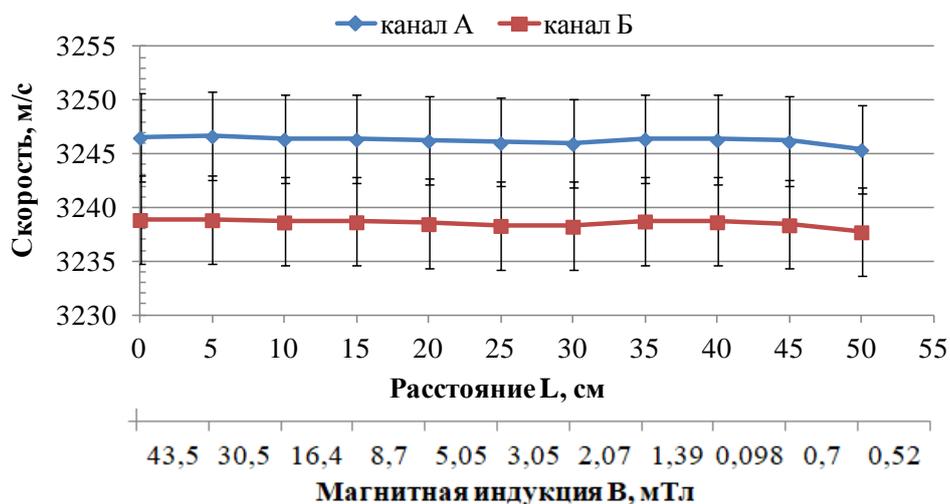


Рис. 6. График зависимости скорости от приложенного магнитного поля

Выводы

Проведена оценка изменения скоростей ультразвуковых волн при изменении температуры металлического объекта и действия магнитного поля.

В качестве метода измерения напряженно-деформированного состояния использовался акустический метод тензометрии на основе явления акустоупругости. Для возбуждения и приема ультразвуковых волн использовался бесконтактный электромагнитно-акустический преобразователь, позволяющий отстроиться от качества поверхности. В качестве объекта исследований использовался стандартный образец СО-2.

По результатам экспериментального исследования установлено, что магнитное поле незначительно влияет на скорость поперечной волны, а при увеличении температуры объекта контроля скорость волны уменьшается. Температурный коэффициент равен 0,4 м/с на 1 градус Цельсия.

Значимость работы заключается в определении температурного коэффициента, который следует учитывать при оценке величины остаточных напряжений в металлоконструкциях

Список использованных источников и литературы

1. Исследование влияния остаточных напряжений на усталостную прочность образцов из титановых и никелевых сплавов / М. Г. Яковлев, В. А. Горелов, Н. С. Меркулова, А. С. Кудров // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2014. – № 5. – С. 47–51.
2. Зарецкий, М. В. Напряженное состояние авиационной конструкции со сварными соединениями при случайных колебаниях / М. В. Зарецкий, А. С. Сидоренко // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2018. – № 12. С. 476–482.
3. Попов, Б. Е. Магнитный контроль напряженно-деформированного состояния и остаточного ресурса сосудов, работающих под давлением / Б. Е. Попов, В. С. Котельников, Г. Я. Безлюдько, В. М. Долинский, А. В. Зарудный // Безопасность труда в промышленности. – 2001. – № 3. – С. 27–36.
4. Оценка остаточных напряжений в рельсах с использованием электромагнитно-акустического способа ввода-приема волн / В. В. Муравьев, Л. В. Волкова,

В. Е. Громов, А. М. Глезер // Деформация и разрушение материалов. – 2015. – № 12. – С. 34–37.

5. Контроль напряженно-деформированного состояния нефтепроводов методом магнитной памяти металла / Р. С. Гумеров, А. М. Акбердин, М. К. Сулейманов [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2005. – № 64. – С. 11–14.

6. Никитина, Н. Е. Преимущества метода акустоупругости для неразрушающего контроля механических напряжений в деталях машин / Н. Е. Никитина, С. В. Казачек // Вестник научно-технического развития. – 2010. – № 4 (32). – С. 18–28.

7. Муравьев, В. В. Неразрушающий контроль внутренних напряжений в рельсах при изготовлении с использованием метода акустоупругости / В. В. Муравьев, К. А. Тапков, С. В. Леньков // Дефектоскопия. – 2019. – № 1. – С. 10–16.

8. Патент на полезную модель № 127931 U1 Российская Федерация, МПК G01N 29/04. Электромагнитно-акустический преобразователь : № 2012150262/28 : заявл. 23.11.2012 : опубл. 10.05.2013 / В. В. Муравьев, О. В. Муравьева, В. А. Стрижак [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.

A.M. Reshetnikova, undergraduate, nastyuna.resh@mail.ru

*L. V. Volkova, Candidate of Technical Sciences, associate professor
Kalashnikov Izhevsk State Technical University"*

Assessment of the influence of temperature and magnetic field on the measurement of the stress-strain state in the elements of metal structures

The integrity of metal structures can be greatly influenced by residual stresses, the appearance of which is facilitated by heating and cooling of the material, causing phase and structural transformations, as well as thermal stresses in an inhomogeneous temperature field and structural transformations. For stress estimation, the most promising is the acoustoelastic method based on the measurement of elastic wave velocities. Therefore, the velocities of ultrasonic waves must be evaluated with high accuracy. This paper presents the results of a study of the influence of the temperature of the object of control and the magnetic field on the velocity of a wave polarized in mutually perpendicular directions when assessing the stress-strain state in the elements of metal structures by the method of acoustoelasticity. When the standard sample CO-2 is heated, the velocity of the transverse wave decreases and does not change when exposed to the applied and residual magnetic field.

Keywords: acoustoelasticity method, temperature, magnetic field, transverse wave.

А. Д. Шалагинов, студент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова,
shalaginov454@mail.ru

М. Р. Зарипов, научный сотрудник, Удмуртский федеральный исследовательский
центр УрО РАН

Разработка головки самонаведения активного типа

В данной работе были кратко описаны принципы действия различных типов головок самонаведения, приведены их особенности, рассмотрены преимущества и недостатки каждого их типов ГСН. Выявлен основной недостаток всех ГСН, он заключается в относительно низком уровне помехоустойчивости. Рассмотрен известный лазерный метод наведения, дано пояснение о возможности его использования в разрабатываемой установке. С целью устранения выявленных недостатков существующих ГСН в работе разработан и подробно рассмотрен наиболее актуальный лазерный метод наведения ГСН, а также принято решение использовать МСВ для повышения помехоустойчивости, в совокупности это позволяет повысить помехоустойчивость на несколько порядков по сравнению с существующими ГСН. На основе собранных данных представлена разрабатываемая авторами активная ГСН, приведена ее блок-схема и описан принцип ее действия, который позволяет добиться высокого уровня помехоустойчивости.

Ключевые слова: головка самонаведения, активное наведение, оптическая головка самонаведения с матричным фотоприемником.

Список сокращений: ЗУР – зенитная управляемая ракета; ГСН – головка самонаведения; КП – командный пункт; МФПУ – матричное фотоприемное устройство; МСВ – мультиспектральная система видения; ФПУ – фотоприемное устройство; ВТО – высокоточное оружие.

Введение

Использование систем высокоточного оружия ведет за собой большие экономические затраты, поэтому промах в конченной точке недопустим. Основными задачами при использовании ВТО можно назвать защиту от сторонних помех, детектирование и слежение за целью, а также точное попадание в цель. Не все современные приборы для наведения могут обеспечить высокую точность ввиду несовершенства принципов, заложенных в приборы. Более точная система наведения могла бы снизить риски промаха и существенно бы уменьшила экономические потери при использовании ВТО.

Основная часть

Головка самонаведения – устройство, которое обычно устанавливают на ЗУР для повышения вероятности попадания в цель.

По способу наведения выделяют три основных типа ГСН [1]:

- пассивные, воспринимают энергию, излучаемую целью;
- полуактивные, воспринимают отраженную от цели энергию, источник которой находится вне головки самонаведения;
- активные, воспринимают отраженную от цели энергию, источник которой находится в самой головке самонаведения.

Самыми простыми по устройству считаются пассивные головки самонаведения, наиболее сложными – активные.

Принцип работы пассивных ГСН заключается в детектировании собственного излучения цели. Далее, обрабатывая его, блок распознавания, установленный в ГСН, передает сигналы в блок автопилота, который в свою очередь управляет дальнейшим полетом ЗУР. В большинстве случаев пассивные ГСН воспринимают ИК-излучение реактивных двигателей летальных аппаратов, как это показано на рис 1, либо излучение других поверхностей. Такие головки называют тепловыми.

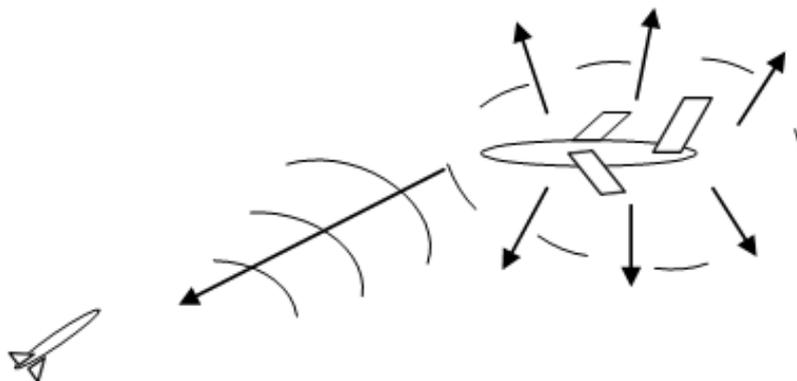


Рис. 1. Общий принцип действия пассивных ГСН

К преимуществам данного метода следует отнести следующее:

- 1) автономность ЗУР на этапе наведения;
- 2) относительную простоту конструкции ГСН, по сравнению с полуактивными и активными ГСН;
- 3) повышенную маневренность и относительно небольшие габаритные размеры.

К недостаткам данного метода следует отнести следующее:

- 1) низкую помехоустойчивость из-за наличия сильного фонового излучения;
- 2) относительно небольшую дальность действия, по сравнению с полуактивными и активными ГСН;
- 3) зависимость точности наведения от погодных условий.

Принцип действия полуактивных ГСН заключается в детектировании сигнала союзного излучателя, который обычно установлен в командном пункте. Отраженный от цели сигнал излучателя принимается ГСН, как это показано на рис. 2, далее, обрабатывая его, блок распознавания, установленный в ГСН, передает сигналы в блок автопилота, который в свою очередь управляет дальнейшим полетом ЗУР.

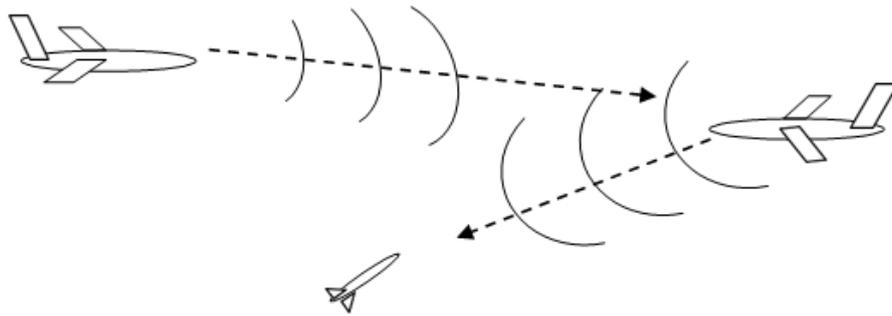


Рис. 2. Общий принцип действия полуактивных ГСН

К преимуществам данного метода следует отнести следующее:

- 1) увеличенную дальность действия ГСН по сравнению с пассивными. Есть возможность использовать мощный лазерный источник на КП, соответственно, есть возможность принимать мощный отраженный сигнал;
- 2) возможность использования при сильном фоновом излучении;
- 3) простоту конструкции бортовой аппаратуры, соответственно, повышенная маневренность ЗУР.

К недостаткам данного метода следует отнести следующее:

- 1) полную зависимость ЗУР от КП во время пуска и полета;
- 2) отсутствие возможности незаметного полета ЗУР к цели;
- 3) повышенные риски уничтожения КП;
- 4) возможность создания помех как для КП, так и для самой ЗУР [2].

Принцип действия активных ГСН заключается в детектировании сигнала собственного излучателя, который установлен непосредственно на ЗУР. Отраженный от цели сигнал излучателя принимается ГСН, как это показано на рис. 3, далее, обрабатывая его, блок распознавания, установленный в ГСН, передает сигналы в блок автопилота, который в свою очередь управляет дальнейшим полетом ЗУР.

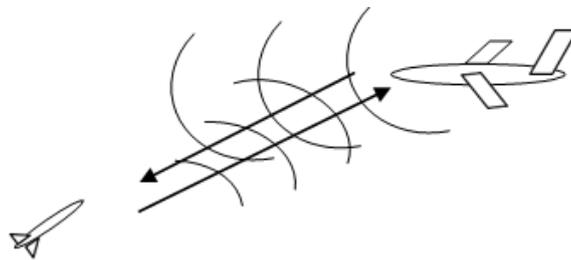


Рис. 3. Общий принцип действия активных ГСН

К преимуществам данного метода следует отнести следующее:

- 1) полную автономность ЗУР во время полета к цели;
- 2) высокий уровень помехоустойчивости;
- 3) возможность сочетания с различными типами наведения, например использование МСВ.

К недостаткам данного метода следует отнести следующее:

1) сложность конструкции бортовой аппаратуры, как следствие, ухудшение маневренности;

2) высокую стоимость.

В результате анализа информации было принято решение начать разработку активной оптической ГСН с матричным ФПУ. Рассмотрим принцип ее действия [3].

Современные ракеты с тепловым наведением используют инфракрасное изображение, где инфракрасный датчик представляет собой матрицу в фокальной плоскости оптической системы ГСН, которая может создавать изображение в инфракрасном диапазоне, во многом как матричный фотоприемник в цифровой камере (как это показано на рис. 4). Это требует более сложной обработки сигнала, но может обеспечить более высокую точность наведения ЗУР, кроме того, это повышает помехоустойчивость ГСН и ЗУР в целом при применении ИК-ловушек целью. Помимо того, что они более устойчивы к ИК-ловушкам, такие ГСН также устойчивы к помехам, формируемым внешними источниками излучения (солнце, дневное небо и т. д.). Используя передовые методы обработки изображений, можно использовать форму цели, чтобы найти ее наиболее уязвимую часть, к которой затем направляется ракета.

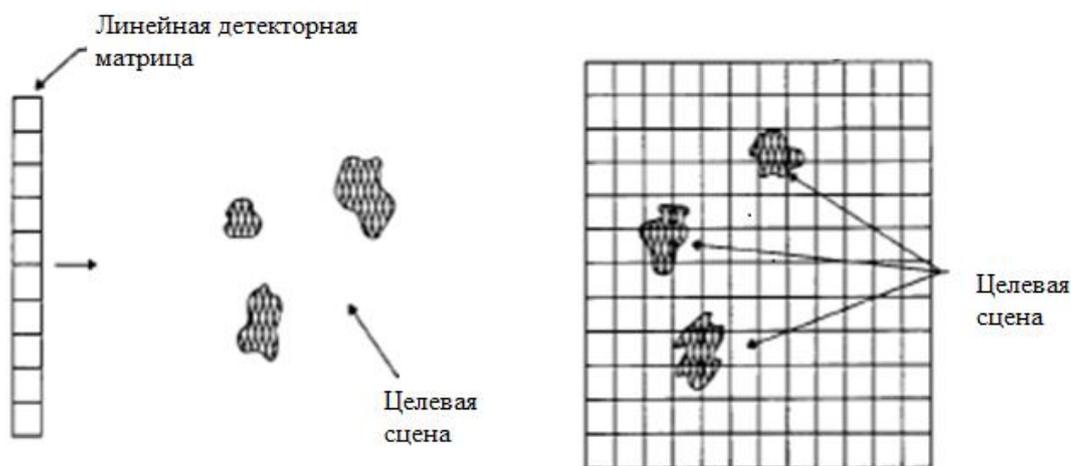


Рис. 4. Изображение прицельной сетки

Рассмотрим блок-схему активной ГСН с МФПУ, представленную на рис. 5.

Работа такой ГСН происходит в несколько этапов. Рассмотрим подробнее, что происходит на каждом этапе.

1-й этап – прицеливание и наведение.

Оператор наводит ЗУР в направлении цели. В работу включается только мощный импульсный лазер I , длина волны излучения которого составляет 1550 нм. Такая длина волны обусловлена высоким коэффициентом пропускания в атмосфере. Отраженное от цели излучение лазера I формирует удаленное изображение цели I на МФПУ1, с помощью которого определяется положение цели в пространстве и происходит наведение на нее.

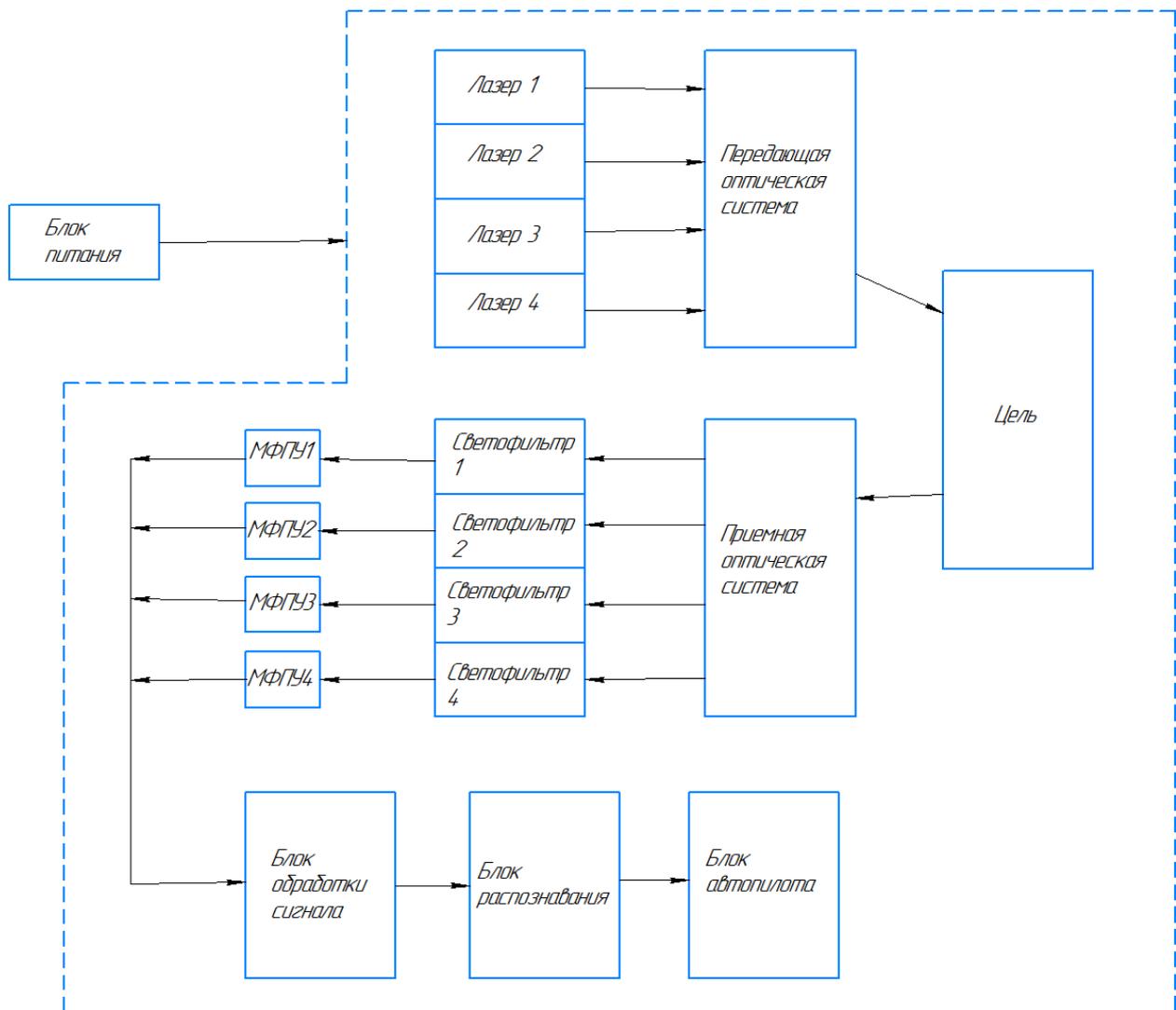


Рис. 5. Блок схема активной ГСН с МФПУ

2-й этап – полет ЗУР к цели.

При полете наведение ЗУР на цель обеспечивается методом масштабирования при подсвечивании цели основным лазером 1. Данный метод предполагает, что блок распознавания сравнивает последующий кадр, снятый блоком обработки сигнала с МФПУ1, с предыдущим кадром и дает команду блоку автопилота на корректировку курса ЗУР в направлении изображения цели, сформированного в пределах поля зрения ГСН.

3-й этап – защита от помех.

Как только ЗУР достаточно приблизится к цели (размер изображения цели занимает больше 20 % размера МФПУ1), существует вероятность применения ей защитных мер путем испускания помехового облака ложных тепловых целей, имитирующего форму самой цели. Для исключения влияния такой помехи включаются лазеры 2–4, которые дополнительно подсвечивают район цели, а их излучение и излучение лазера 1 за счет светофильтров 1–4 отдельно принимают МФПУ 1–4. Это позволяет распознавать не только форму цели, но и ее материал по регистрируемому спектру отражения.

При этом электрические сигналы, формируемые на МФПУ 1–4, поступают в блок обработки, где они усиливаются, а затем направляются в блок распознавания, где сигналы позволяют выявить форму и материал цели и определить ее тип (реальная цель или ложная). Затем блок распознавания направляет сигнал в блок автопилота, который управляет дальнейшим полетом ЗУР. Такая совокупность из нескольких лазеров 1–4, светофильтров 1–4, МФПУ 1–4, блоков обработки и распознавания образуют мультиспектральную систему видения, которая в составе ГСН будет называться мультиспектральной системой наведения (МСН). Примером мультиспектральных систем видения может служить [4].

Цены на закупку необходимых компонентов представлены в табл. 1. ГСН можно разделить на две основные части: электронные компоненты, к которым относятся блоки питания, контроллеры, лазерные диоды и т. д., и оптические компоненты, к которым относятся приемная и передающая оптические системы.

Таблица 1. Спецификация электронных компонентов, использованных для создания ГСН

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
Лазерный диод STK-118	шт.	1	40 650	40 650
Лазерный диод MCM-128	шт.	1	38 520	38 520
Лазерный диод 905D1S03UA	шт.	1	42 600	42 600
Лазерный диод L450P1600MM	шт.	1	52 620	52 620
Блок питания Mean Well HDR-100-48	шт.	1	1920	1920
Блок питания Mean Well DR-30-24	шт.	1	2000	2000
Преобразователь напряжения Lm2596	шт.	8	200	1600
Микроконтроллер GD32F130C8T6	шт.	1	600	600
Бесколлекторный двигатель A2216 880KV	шт.	2	1200	2400
Фотоприемное устройство GH- SW1280	шт.	2	4 223 275,53	8 446 551,06
Итого:				8 627 661,06

Заключение

В ходе данной работы были рассмотрены типы наведения ЗУР, рассмотрены их преимущества и недостатки. На основе изученной информации было принято решение разработать активную ГСН с матричным фотоприемником. В рабо-

те была представлена разработанная блок схема ГСН с матричными фотоприемниками, а также был описан принцип ее действия. Представленная в этой работе ГСН будет обладать следующими преимуществами:

- увеличение точности наведения ЗУР;
- возможность использования при интенсивном фоновом излучении;
- значительное повышение помехоустойчивости.

Список использованных источников и литературы

1. Способы наведения. – URL: <https://www.kaznu.kz/Content>.
2. Радиолокационные системы : учебник / В. П. Бердышев, Е. Н. Гарин, А. Н. Фомин [и др.] ; под общ. ред. В. П. Бердышева; разработ.: Центр обучающих систем ИнТК СФУ. – Красноярск : СФУ, 2012. – С. 21.
3. Криксунов, Л. З. Справочник по основам инфракрасной техники. – Москва : Сов. радио, 1978. – 400 с.
4. Патент № 2535640 С2 Российская Федерация, МПК G01J 3/28, G01J 3/02. Формирование многоспектральных изображений : № 2012108715/28 : заявл. 10.08.2010 : опубл. 20.12.2014 / Р. Влюттерс, Р. Т. Й. Мейс, Х. А. В. Шмайтц ; заявитель КОНИНКЛЕЙКЕ ФИЛИПС ЭЛЕКТРОНИКС Н.В.

A. D. Shalaginov, student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University,
shalaginov454@mail.ru

M. R. Zaripov, sc.d., Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences

Development of an active type homing head

In this paper, the principles of operation of various types of homing heads were briefly described, their features were given, the advantages and disadvantages of each type of seeker were considered. The main drawback of all GOS is revealed, it consists in a relatively low level of noise immunity. The well-known laser pointing method is considered, explanations are given about the possibility of its use in the device being developed. In order to eliminate the identified shortcomings of the existing GOS, the most relevant laser guidance method for the GOS was developed and considered in detail, and it was also decided to use the MSV, in order to increase the noise immunity in the aggregate, this makes it possible to increase the noise immunity by several orders of magnitude compared to the existing GOS. On the basis of the collected data, an active seeker developed by the authors is presented, its block diagram is given, and its principle of operation is described, which makes it possible to achieve a high level of noise immunity.

Keywords: homing head, active homing, optical homing head with a matrix photodetector.

«Выставка инноваций – 2022 (весенняя сессия)»:
выступления молодых ученых ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

УДК 72.023

DOI: 10.22213/ie022108

А. А. Алыпova, бакалавр, Институт строительства и архитектуры имени В. А. Шумилова, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, alypova.alina201700795@yandex.ru

А. В. Седова, кандидат наук, доцент кафедры «Архитектура», Институт строительства и архитектуры имени В. А. Шумилова, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
sedovaanastasiia@yandex.com

Возможность применения CLT-элементов в массовом многоэтажном жилищном строительстве

На сегодняшний день в массовом многоквартирном жилищном строительстве все чаще применяются несущие конструкции из поперечно-клееной древесины – CLT-элементов. В связи с этим целью данного исследования является рассмотрение особенностей проектирования с использованием CLT-панелей, выявление ряда преимуществ и возможных недостатков данных конструкций на примерах уже реализованных проектных решений, а также подсчет экономической целесообразности данных видов конструкций. Также в рамках исследования была выявлена необходимость проведения анализа реализованных проектных решений и нахождение их конструктивных, объемно-планировочных и иных особенностей.

Выявлены ключевые аспекты, определены преимущества применения CLT-элементов в строительстве. Подсчитана экономическая составляющая данного вопроса с учетом сохранения эстетических преимуществ объемно-пространственных решений.

Установленные в результате анализа характеристики зданий показали возможность применения различных выявленных методов в российских реалиях с точки зрения их экономической целесообразности.

Ключевые слова: поперечно-клееная древесина (cross-laminated timber – CLT), циклы горения, эко-циклы CLT-конструкций, энергетический потенциал, ресурсообеспеченность.

Введение

В настоящее время из всего множества существующих деревянных материалов для строительства чаще всего используют элементы из поперечно-клееной древесины (cross-laminated timber – CLT). Разработка элементов из массивной древесины для строительства зданий началась в Центральной Европе в 1990-х годах. С тех пор использование CLT в качестве строительной системы постепенно получает все более широкое распространение, и в настоящее время оно

бросает вызов традиционным строительным материалам, таким как бетон, сталь и кирпичная кладка. В последнее десятилетие наблюдается постепенный рост интереса использования CLT в строительстве. Из всего множества преимуществ CLT-элементов в странах, где применение этого строительного материала наиболее активно и где правительство поддерживает использование данного вида массивного деревянного строительства, первостепенным является его неоспоримое экономическое преимущество. С каждым годом суммарные затраты на производство и использование в строительстве элементов из поперечно-клееной древесины становятся ниже, чем на аналогичные конструкции из железобетона и стали, при этом их конструктивные характеристики ничем не уступают привычным нам элементам сборного или монолитного каркаса.

Исследование существующей зарубежной литературы с целью выявления особенностей и возможных недостатков многоквартирных жилых зданий из CLT-элементов

Опыт использования CLT-элементов насчитывает уже более 30 лет, и за это время появилось множество строительных и научно-исследовательских организаций, теоретически и практически изучающих конструкции данного типа. На сегодняшний день наиболее авторитетным в этой области считается Институт деревообработки и технологии древесины Грацкого технологического университета (Австрия), с 2015 г. выпускающий иллюстрированный гид для проектировщиков и строителей. [1]. Помимо этого, Австрия одной из первых стран поставила производство CLT-панелей на массовый уровень, и такие крупные организации-производители, как KLN Massivholz Wiesenau GmbH, ежегодно предоставляют в общее пользование информационные буклеты и настольные книги, описывающие возможности использования и комбинирования элементов различного размера и профиля из поперечно-клееной древесины, предоставляющие сводные таблицы и расчеты, подтверждающие конструктивную базу их исследований [2, 3].

На сегодняшний день количество стран, внедряющих в свою экономическую сферу производство и использование в строительстве CLT-элементов, значительно выросло, и каждая из них проводит свои научные исследования в области применения конструктивных систем из поперечно-клееной древесины с учетом местных климатических и географических особенностей, ресурсообеспеченности, экономичности и эстетичности данного вида конструкций перед устоявшимися традиционными материалами, такими как железобетон и сталь. Из всего объемного перечня информации, предоставленной различными исследовательскими и выпускающими продукцию организациями, было выбрано несколько документов, предоставленных институтами различных стран, чьи климатические особенности близки российским, и компаниями, занимающимися производством CLT-элементов преимущественно для многоэтажных жилых зданий. Это печатная литература норвежской строительной компании Stora Enso [4], настольный гид «CLT-конструкции: факты и планирование» шведской организации Swedish Wood [5] и комплексное исследование канадского архитектора Майкла Грина, одного из инициаторов использования деревянных не-

сущих конструкций: «Доводы в пользу строительства высотных зданий из древесины» [6]. Данные издания предоставляют наиболее полный объем информации, и, поскольку целью данного исследования не является подробное описание конструктивных систем и узлов, а также проведение расчетов на теплопроводность, восприятия постоянных, временных или особых нагрузок и др., внимание сосредоточено на сопоставлении результатов представленных исследований и выявлении решения таких важных проблем, как обеспечение пожарной и экологической безопасности, сохранение герметичности, звуконепроницаемости и температурного баланса сооружения.

1. Обеспечение пожарной безопасности зданий и сооружений

Поскольку использование дерева в качестве строительного материала ставит вопрос о возможной пожароопасности конструкции, большинство начальных проведенных исследований были сосредоточены именно на этом аспекте. Поскольку цикл горения любой деревянной конструкции предсказуем и рассчитан по минутам, а при удалении источника возгорания сам процесс останавливается, то элементы из массивной древесины имеют преимущество перед бетонными, чье возгорание пусть и более затруднительно, но процесс горения занимает больший промежуток времени и само распространение огня более хаотично и непредсказуемо [6]. Поскольку горизонтальные и вертикальные конструктивные элементы состоят из пяти и более слоев и имеют толщину от 250 мм, процесс «обугливания» древесины (рис. 1) обеспечивает защиту несущего остова, позволяющего выдерживать расчетные нагрузки в зависимости от продолжительности воздействия огня [7]. В зависимости от количества и типа дополнительных слоев (тепло, гидроизоляция, внешняя отделка), их толщины и состава каждому элементу конструкции присваивается класс конструктивной пожарной безопасности, что позволяет подобрать для многоэтажного жилищного строительства удовлетворяющий тип конструкции.

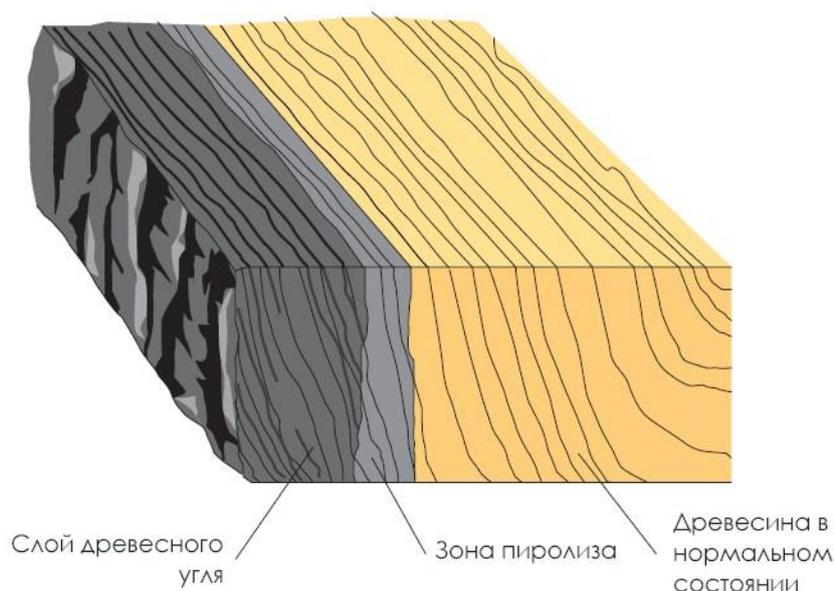


Рис. 1. Процесс «обугливания» древесины

Если вопрос стоит в выборе типа конструктивной системы, то вертикальные и горизонтальные CLT-панели создают замкнутые пространства, что снижает скорость распространения огня по сравнению с каркасной системой [8]. Помимо этого, повысить огнестойкость конструкции возможно с помощью введения дополнительных слоев или использования огнезащитных покрытий из микропористой углеродной пены, предотвращающей возгорание элемента. Объемно-блочное домостроение готовыми жилыми единицами также предполагает прокладку внутренних инженерных коммуникаций на этапе производства [9], что может включать и автоматическую систему пожаротушения.

2. Внутренний комфорт: температурный баланс, влажность и герметичность, акустические особенности

В зданиях с деревянными конструктивными элементами более благоприятный температурно-влажностный режим, однако на передний план выходят задачи по обеспечению необходимой теплоизоляции в холодное время года и требуемой герметичности конструкции на весь период ее эксплуатации. Предложенные в зарубежной нормативной литературе варианты готового пирога ограждающей конструкции [4–6], рассчитанные на определенные климатические особенности, исключают необходимость дальнейшего утепления здания на строительной площадке или во время эксплуатации сооружения, что подразумевает общую целостность всей системы. Что касается воздухопроницаемости, то наиболее распространенным способом ее достижения является применение ленты на стыках элементов в сочетании с наружным ветрозащитным барьером (ВБ), устанавливаемым снаружи теплоизоляционного слоя [10]. Решение о том, следует ли устанавливать ветрозащитный барьер, зависит от уровня влажности на строительной площадке. Это позволяет коррелировать строительный процесс и добиваться наиболее эффективного результата. Содержание влаги в CLT-элементах всегда в определенной степени зависит от степени воздействия погодных условий в процессе строительства.

Поскольку готовый каркас здания с использованием CLT-элементов практически не подвержен дальнейшей усадке конструкции, то осуществленная в процессе строительства герметизация не нарушается со временем и не уступает и даже превосходит в этом отношении монолитные железобетонные элементы.

3. Эко-циклы конструкций из поперечно-клееной древесины

Укоренившимся заблуждением является то, что повсеместное введение строительства из тяжелой древесины приведет к вырубке лесного массива и ухудшению экологической ситуации. Однако применение CLT-элементов в рамках естественного возобновляемого цикла со вторичным использованием отслуживших конструкций в качестве топлива или несущих элементов не оказывает негативного влияния на атмосферу.

Исследования показывают [4], что использование CLT-систем в процессе строительства не оказывает большого негативного влияния на атмосферу. В целом 50 % всех выбросов CO₂ в атмосферу происходит из-за деятельности строительной индустрии: возведения и эксплуатации (отопление и кондиционирование) зданий; 5–8 % приходится на производство легкого и автоклавного

ячеистого бетона (а также цемента) и 4 % – стали [4,5]. По сравнению с этими материалами элементы из древесины являются углеродно-нейтральными. Поглощенный в процессе фотосинтеза CO_2 связывается в элементах конструкции и не восполняет углеродный след в атмосфере до полной переработки (рис. 2).

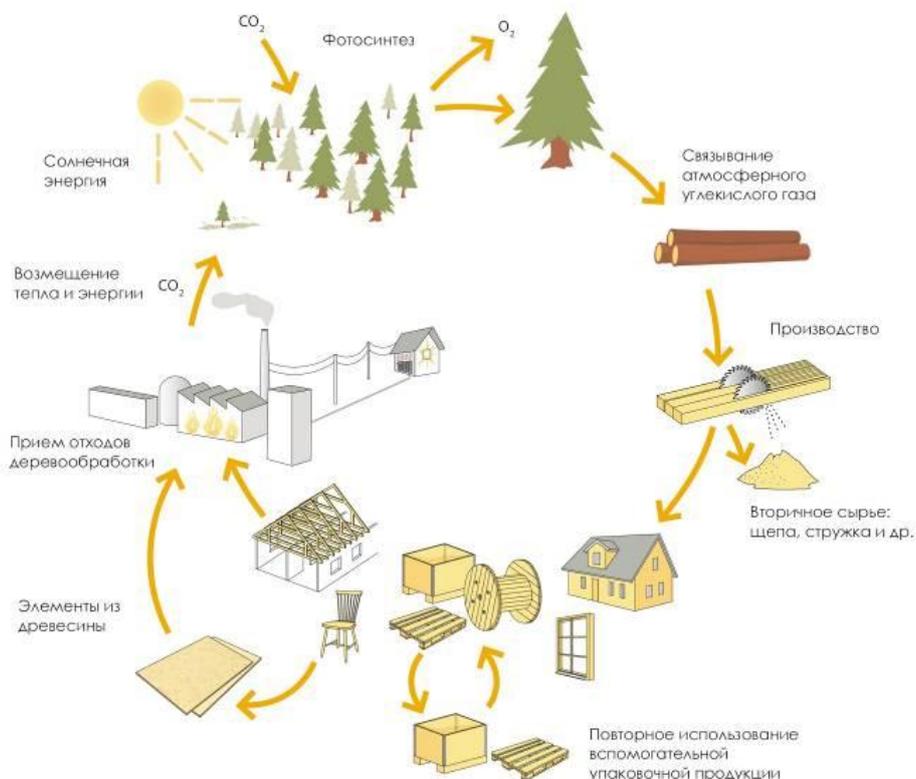


Рис. 2. Эко-цикл использования древесины в массовом жилищном строительстве

Тип используемой древесины варьируется в зависимости от страны-производителя CLT-панелей. В большинстве случаев это хвойные породы деревьев: сосновые и кедровые леса в Австрии и Скандинавии, дугласовы пихты в Канаде. Также используется древесина и твердых лиственных пород: тикового, орехового дерева, тополя или ясеня [6]. При производстве CLT-панелей может применяться древесина низкого качества, поскольку сама конструкция деревянных элементов усиливает их несущие способности.

Вырубка лесных массивов регламентируется документами, в которых прописывается возраст, высота, диаметр ствола каждого дерева в зависимости от породы и расположения всего лесного массива для каждой отдельно взятой страны на местном законодательном уровне. Наглядным примером организации данного процесса являются Нидерланды. Агентством экологической оценки Нидерландов (Netherlands Environmental Assessment Agency) 550 000 акрам из 900 000 всего лесного массива страны присвоен статус охраняемых территорий, из чего следует, что 350 000 акров леса доступно для производственных целей. Эта ситуация сложилась из-за того, что хвойные леса изначально были высажены для последующей вырубки и использования в корабельном деле, однако на

данный момент необходимость в них отпала. На настоящий день 95 % их использования приходится на товары из целлюлозы (бумага различного типа, картон) и только 5 % на малые строительные нужды. Низкосортные целлюлозосодержащие материалы разлагаются и возвращают накопленный деревом в процессе роста углекислый газ через 3–5 лет; конструктивные элементы из массивного дерева в процессе эксплуатации сдерживают его в себе; разложение и выброс не ранее чем через 50–70 лет – если задействовать механизмы задержания гниения древесного волокна (железобетон выбрасывает CO_2 в атмосферу в самом процессе эксплуатации конструкции). Однокомпонентные полиуретановые клеи, применяемые для связывания продольных и поперечных брусьев друг с другом, содержат в своем составе незначительное количество вредного вещества и могут быть заменены дюпельным методом крепления слоев, уменьшающим объем вредных выбросов конструкции [5].

Обеспечение строительного процесса с использованием CLT-конструкций

Экологический и энергетический потенциал древесных материалов должен стимулировать местное производство древесины и перерабатывающей промышленности в нашей стране, обладающей достаточной ресурсообеспеченностью, но не подкрепленной технологической и нормативной базой для запуска массового производства. Уже доказаны [2, 4, 5] преимущества строительного процесса из CLT-панелей перед монолитным железобетонным домостроением:

- 1) облегченный процесс доставки сборных элементов на строительный площадку – их вес значительно меньше железобетона;
- 2) более безопасный процесс строительства
- 3) возможность объемно-блочного строительства целыми жилыми секциями (поскольку вес всей конструкции даже вместе с вмонтированным сантехническим оборудованием невелик);
- 4) возможность трансконтинентальной транспортировки с использованием водных и воздушных видов транспорта. Уже упомянутая выше компания KLN Massivholz Wiesenau GmbH доставляет свою готовую сертифицированную продукцию в Мельбурн (Австралия), а также в Новую Зеландию, Исландию и другие страны;
- 5) скорость возведения – значительно быстрее при верной координации процесса. Ко всему прочему, уменьшается общий шумовой фон строительной площадки.

Преимуществом данного вида конструкции является потенциальная экономия общих затрат на фундамент, поскольку общий вес возведенного здания с деревянными несущими и ненесущими конструкциями, перегородками и лифтовыми шахтами, а также всем внутренним оборудованием на 30 % ниже, чем у монолитного железобетонного или сборного здания с аналогичной объемно-пространственной организацией. Предварительно вырезанные CLT-панели доставляются грузовиком непосредственно на строительную площадку, оконные и дверные проемы зачастую заполняются непосредственно на производстве, что снижает трудовые затраты на строительство (рис. 3).



Рис 3. Доставка готовой CLT-панели на строительную площадку

Исследование массового производства CLT-элементов с целью выявления рентабельности или убыточности данного вида конструкций

Существующие на данный момент в России нормативные методы расчета деревянных плит, балок и ферм в строительстве многоэтажных жилых зданий широкого применения не находят, поскольку нормы российского законодательства ограничивают высоту жилого деревянного здания с применением деревянных несущих элементов в 28 метров (СП 452.1325800.2019 «Деревянные конструкции»), что, с учетом высоты потолка при планировке квартир различного уровня комфорта (в массовом (комфорт) классе – 2,7 м, бизнес- и премиум-класс – от 3 и более метров) и толщиной всех междуэтажных перекрытий и элементов кровли, составляет в сумме не более 9 жилых этажей. При этом стоит учитывать современные тенденции проектирования жилых комплексов и возможное размещение элементов первичной инфраструктуры на первом этаже жилого дома, что еще больше ограничивает жилую площадь и, что немаловажно для заказчиков, конечную выгоду от проекта.

Поскольку единственный российский завод – ООО «Сокол СиЭлТи», занимающийся производством CLT-элементов, начал свою деятельность 1 января 2021 года и не предоставил прайс-лист расценок и перечень типоразмеров выпускаемой продукции, он не может на данный момент обеспечить материалами для возможного строительства многоэтажного жилого комплекса. Поэтому при дальнейшем расчете рентабельности данного вида конструкций была учтена стоимость ее доставки и хранения.

Расчет ведется для многоквартирного жилого дома башенного типа, для 6 жилых этажей (1-й этаж стилобата и фундамент в расчет не включаются, сбор-

ные железобетонные). Расчет плит перекрытия в расчет не включается, внутренние коммуникации и отделка также в расчетах не фигурируют. Тип жилья – элитное (рис. 4). План этажа – 21,300 × 21,300 м.

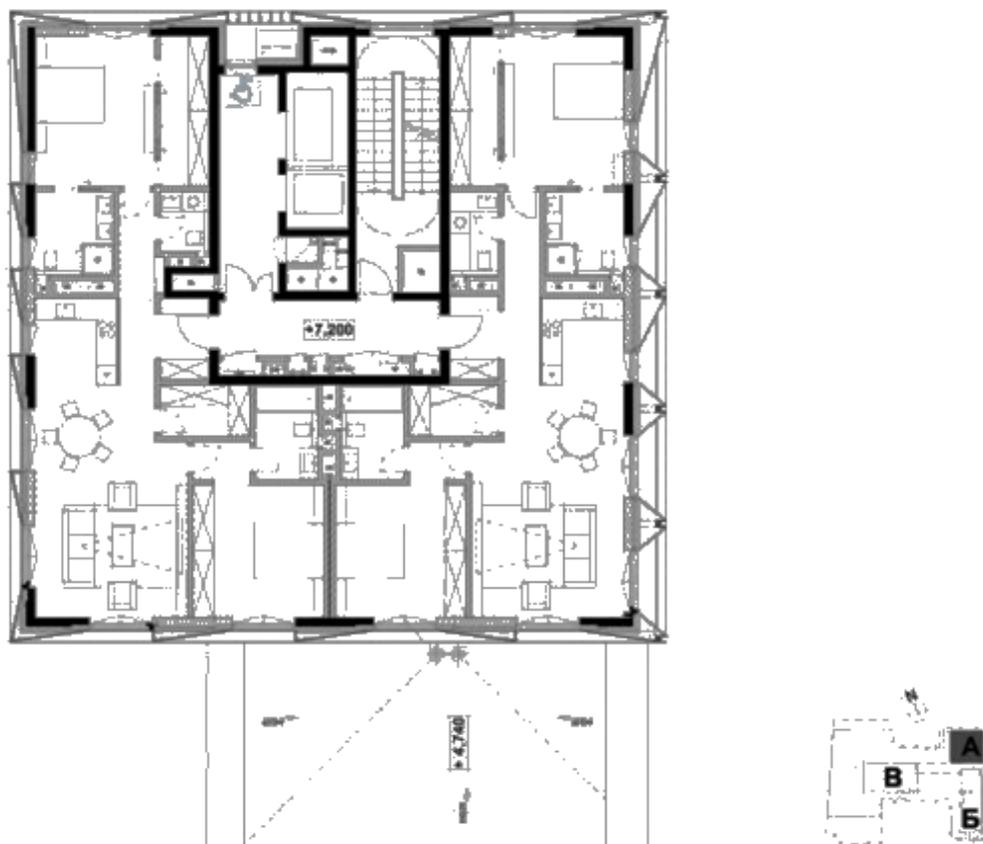


Рис. 4. План расчетной жилой единицы

Таблица 1. Сводная таблица рентабельности конструктивного решения

Производитель	Стеновые панели несущие	Кол-во и цена за 1 м ²	Стены несущие и внутренние перегородки	Кол-во и цена за 1 м ²	Транспортировка и госпошлины	Итог, млн руб.
ООО «Вест групп», Россия Железобетон (приведен для сравнения)	Панель железобетонная П5В Длина L, мм: 3 980 Ширина В, мм: 240 Высота Н, мм: 3 300 Вес, тонн: 1.25 Бетон: М300 Серия: Серия 3.017-1 вып.1.	6050 руб. за 1 м ²	Панель железобетонная П2В Длина L, мм: 2 994 Ширина В, мм: 80 Высота Н, мм: 2800 Вес, тонн: 0.58 Бетон: М300 Серия: Серия 3.017-1 вып. 1.	2 820 руб. за 1 м ²	–	11,2
		120 шт.		210 шт.		

Производитель	Стеновые панели несущие	Кол-во и цена за 1 м ²	Стены несущие и внутренние перегородки	Кол-во и цена за 1 м ²	Транспортировка и госпошлины	Итого, млн руб.
KLH Massivholz Wiesenau GmbH, Австрия Сборные CLT-элементы	KLH «TL 7ss» Длина L, мм: 3 150 Ширина, мм: 280 Высота H, мм: 3 270 Количество слоев: 7 шт.	14 950 руб. за 1 м ²	KLH «ГТ 5s» Длина L, мм: 2 340 Ширина, мм: 120 Высота H, мм: 2 840 Количество слоев: 5 шт.	12 900 руб. за 1 м ²	20 %	54,6
		168 шт.		248 шт.		
Stora Enso, Норвегия Сборные CLT-элементы	REX 220 L7s-2 Длина L, мм: 2 520 Ширина, мм: 220 Высота H, мм: 3 360	17890 руб. за 1 м ²	REX 120 L3s Длина L, мм: 1 530 Ширина, мм: 120 Высота H, мм: 2 790	8520 руб. за 1 м ²	23 %	49,5
		205 шт.		252 шт.		

После проведенного сравнительного анализа наблюдается, что на данный момент производство высотных зданий из железобетона в России остается более выгодным, чем использование CLT-технологий. Это связано с слаборазвитым местным производственным процессом и законодательством, не предоставляющим возможность развития альтернативных видов строительных конструкций. При дальнейшем развитии собственных производящих строительных компаний и рассмотрении норм использования конструкций из поперечно-клееной древесины выйдет на более рентабельный уровень и не потребуется транспортировка готовых элементов из более развитых стран.

На сегодняшний день в России выпущено несколько патентов [11] на продукцию из CLT-элементов, однако должного распространения данный вид конструкций так и не получил.

Сравнительный анализ реализованных архитектурных проектов с учетом требований местных законодательных норм и правил, выявлением приоритетных технологий строительства, приемов и конструктивных систем

В Международный строительный кодекс (The International Building Code (IBC)) положение об использовании деревянных конструкций и, в частности, CLT-технологий было введено в 2015 году, что способствовало общему развитию данных конструкций, но не во всех странах данный документ согласуется с нормами местного законодательства.

Строительный код Канады (National Building Code of Canada) с 2008 года регламентировал строительство жилых зданий с использованием деревянных несущих конструкций только до четырех этажей включительно. С 2015 года при введении Международного строительного кода значение этажности воз-

росло до 9 этажей, но на сегодняшний день условно разрешено строительство до 30 этажей включительно при наличии FFTT^{cc}-сертификации.

В некоторых реализованных проектах уже применялись лифтовые шахты, выполненные из массивной древесины, но повсеместного распространения они пока не получили, поэтому в большинстве проектов для них предполагается возведения отдельных элементов фундамента. Также для увеличения этажности и защиты от ливневых сточных вод первый этаж (ground floor – в большинстве стран) по-прежнему выполняют из монолитного железобетона. В табл. 2 представлен сравнительный анализ различных реализованных проектов и приведены их основные особенности. Перечень зданий сгруппирован по хронологической спецификации.

Таблица 2. Сравнительный анализ реализованных проектов с использованием CLT-элементов

Название объекта	Изображение	Местоположение, арх. бюро, год	Процесс строительства	Эксплуатация	Особенности
Англия					
Stadthaus, 24 Murray Grove		Лондон; Waugh Thistleton Architects 2009 год		Возможность замены элементов облицовки	Скрытая конструкция, первое здание из CLT-панелей
Bridport House		Лондон; Karakusevic Carson Architects 2010 год		Энергоэффективность за счет особенностей конструкции – меньшие затраты на отопление	Легкая деревянная конструкция не дает нагрузку на фундамент, что позволяет защитить подземные коммуникации
Wenlock Road Mixed-Use		Лондон; Hawkins Brown Architects 2013 год		Экологичная наружная отделка – благоприятное влияние на атмосферу	Сочетание деревянной конструкции и наружной отделки из лиственницы
Австрия и страны Скандинавии					
Limnologen		Векшё, Швеция; 2014 год		Каркасная система позволяет дальнейшее изменение планировок квартир	Сочетание индустриального и эко-стиля; внедрение в деревянное здание металлических и стеклянных элементов

Продолжение табл. 2

Название объекта	Изображение	Местоположение, арх. бюро, год	Процесс строительства	Эксплуатация	Особенности
Puukuokka Housing Block		Жуваскюля, Финляндия 2015 год		Стабилен при усиленных ветрах, хорошая теплостойкость конструкций	Использование принципа объемно-блочной системы – уменьшение временных затрат строительного процесса
Mjøstårnet The Tower of Lake Mjøsa	 	Норвегия; Voll Arkitekter 2019 год	 	Внешняя отделка также деревянная и выполнена из местных пород дерева, что позволит в дальнейшем проводить работы по реставрации	Самое высокое на сегодняшний день реализованное деревянное здание; доминанта городской среды; несущие конструкции – балки, консоли и раскосы, - зрительно акцентированы
cross-laminated timber Dutch Mountains skyscrapers	 	Эйндховене Нидерланды; Marco Vermeulen проект		Закрытый нижний этаж-галерея – защита от атмосферных осадков	Доминанта городской среда, не единое здание, а цельный градостроительный комплекс
Канада и Северная Америка					
Центр инновационного проектирования из дерева		Канада, Принс-Джордж; Майкл Грин 2014 год		Здание – экспонат, демонстрирующий возможности деревянных конструкций	Первое канадское здание из деревянных конструкций
Honeycomb Housing Prototype		Майкл Грин прототип		В эксплуатацию не введен	Разработка типового решения, возможного к применению

Окончание табл. 2

Название объекта	Изображение	Местоположение, арх. бюро, год	Процесс строительства	Эксплуатация	Особенности
------------------	-------------	--------------------------------	-----------------------	--------------	-------------

<p>Inside Vancouver's Brock Commons, the World's Tallest Mass Timber Building</p>		<p>Миннесота ; Acton Ostry Architects Inc.</p> <p>2015 год</p>		<p>Возможность замены внешней отделки</p>	<p>Первая примененная расчетная модель деревянной конструкции</p>
---	---	--	---	---	---

Было выявлено, что менее чем за 12 лет CLT-технологии прошли большой путь развития, изменяя представление людей о том, каким может быть многоэтажный жилой дом. От средне-этажных многоквартирных домов, чьи несущие конструкции еще были скрыты за традиционными фасадами, архитектурная мысль перешла к полностью деревянным домам, чья внешняя отделка и планировочное решение также выражают идею эко-проектирования. Наиболее активно применение CLT-конструкций на данный момент развивается в странах Скандинавии, а именно в Норвегии, Швеции и Нидерландах, чьи климатические особенности сходны с российскими.

Заключение

После проведенного комплексного анализа архитектурных аналогов возведенных зданий можно выделить следующие преимущества применения CLT-элементов в массовом жилищном строительстве:

- 1) легкость конструкций, вследствие чего уменьшается общая нагрузка на фундамент жилого здания;
- 2) эстетические характеристики – здание из CLT-элементов не нуждается в дополнительной наружной отделке;
- 3) энергоэффективность зданий, выполненных из CLT-элементов;
- 4) возможность комбинации деревянных конструкций и отделки с другими материалами, такими как сталь, бетон или стекло;
- 5) возможность разработки системы строительства из CLT-элементов объемными блоками в размере комнаты, квартиры, целого этажа.

Несмотря на неоспоримые достоинства конструкций из CLT-элементов, широкого применения на территории России они не находят, поскольку отсутствует достаточно крепкая местная производственная база. Назревает необходимость в расширении производственных процессов и внедрении в массовое жилищное строительство конструктивных элементов и внешних отделочных материалов из поперечно-клееной древесины. Этого можно добиться при условии создания производственных предприятий, а также внесения правок в строительную нормативную базу. Благодаря этому конструкции из CLT-элементов встанут в один ряд с устоявшимися в проектировании металлическими и железобетонными строительными элементами.

Список использованных источников и литературы

1. *Schickhofer G.* Glued Wood Products for Structural Use Cross Laminated Timber – Idea, Product, Building Technique. Engelberg, 3rd November 2015, 41 p.

2. *KLH Massivholz*. Rib Elements, KLH Massivholz GmbH; Version: Rib Elements. 09/2019, 20 p.
3. *KLH Massivholz*. Structural Pre- Analysis Tables, KLH Massivholz GmbH; Version: Structural pre-analysis tables. 01/2020, 32 p.
4. *Stora Enso CLT*. Wood: the world's oldest and yet most modern building material // 2007, 11 p.
5. *Eric Borgström and Johan Fröbel*. The CLT Handbook. CLT structures – facts and planning // Stockholm, May 2019, 188 p. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.swedishwood.com/siteassets/5-publikationer/pdf/CLT-Handbook-2019-eng-m-svensk-standard-2019.pdf>
6. *Francis D.K. Ching*. Building Code Illustrated // Fifth edition. 2016.
7. *Simen Wahlstrøm I, Lars Gullbrekken, Kristin Elvebakk and Tore Kvande*. Experiences with CLT Construction in Norway. E3S Web of Conferences 172, 10008 (2020) DOI:10.1051/e3sconf/202017210008
8. *Omar Espinoza, Vladimir Trujillo*. Cross-Laminated Timber: Status and Research Needs in Europe. Article in Bio-resources. November 2015
9. *Anderson L. O.* Wood-Frame House Construction. U.S. department handbook no. 73, Engineer / Forest Products Laboratory — Forest Service, 1973.
10. *Anderson L. O.* Engineer. Forest Products Laboratory — Forest Service U. S. Department Of Agriculture. 2014
11. Патент № 2756649 С1 Российская Федерация, МПК E04C 2/10. Комбинированная конструкция из CLT-панели и деревокомпозитных ребер : № 2021106832 : заявл. 16.03.2021 : опубл. 04.10.2021 / Т. П. Чернова, Б. В. Лабудин, В. И. Мелехов ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный федеральный университет имени М. В. Ломоносова».

A. Alypova, bachelor, alypowa.alina201700795@yandex.ru;

A. Sedova, PhD, assistant professor, sedovaanastasiia@yandex.com.

Kalashnikov Izhevsk State Technical University V.A. Shumilov, Institute of Construction and Architecture, Architecture Department

The possibility of using CLT elements in mass multi-storey housing construction

Today in the mass apartment housing are increasingly used load-bearing structures made of cross-glued wood - CLT-elements. In this regard, the purpose of this study is to consider the peculiarities of design using CLT panels, identifying a number of advantages and possible disadvantages of these structures. Also, the study identified the need to analyze the implemented design solutions and finding their design, volume-planning and other features.

The key aspects have been revealed, the advantages of using CLT elements in construction have been determined. The economic component of this issue is calculated taking into account the preservation of the aesthetic benefits of volumetric and spatial solutions.

Established as a result of the analysis characteristics of buildings showed the possibility of applying the various identified methods in the Russian realities in terms of their economic feasibility.

Keywords: cross-laminated timber – CLT, combustion cycles, eco-cycles of CLT constructions, energy potential, resource availability.

А. А. Банников, студент, bannikov.alex.00@gmail.com
Ю. Р. Никитин, канд. техн. наук, доц., nikitin@istu.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка пятифазного синхронного двигателя с постоянными магнитами

В данной статье разработана конструкция, математическая и имитационная модели пятифазного синхронного двигателя с постоянными магнитами и имитационная модель устройства управления. В среде Matlab Simulink была разработана математическая модель электромагнитных процессов в пятифазном двигателе и системы управления для него с тремя контурами обратной связи. Внутренний быстродействующий контур обеспечивает контроль токов по осям d и q с помощью ПИ-регуляторов, что позволяет поддерживать суммарный вектор тока статора перпендикулярно вектору потокосцепления ротора и обеспечивать наибольший крутящий момент. Средний контур обеспечивает контроль угловой скорости вращения вала с помощью ПИ-регулятора. Внешний контур обеспечивает контроль углового положения ротора двигателя с помощью П-регулятора. Выполнена оптимизация параметров регуляторов. Переходной процесс не имеет перерегулирования, а время регулирования составляет 2,6 секунды. Разработан и изготовлен макетный образец двигателя.

Ключевые слова: пятифазный двигатель, модель, синхронный двигатель с постоянными магнитами.

Введение

Промышленное использование электрических приводов началось в начале прошлого века. Тогда использовалось постоянное напряжение или переменное напряжение на трех фазах. Одним из основоположников электрических приводов считается датчанин Х. Эрестед, который в 1820 году показал возможность взаимодействия магнитного поля и проводника с током. Француз А. Ампер в этом же году разработал теорию и построил математическую модель этого взаимодействия. Британский ученый М. Фарадей в 1821 году продемонстрировал принцип преобразования электрической энергии в механическую энергию через электромагнитное поле. Российские ученые Б. С. Якоби и Э. Х. Ленцу в 1834 году впервые создали электрический двигатель постоянного тока. В 1837 году американец Девенпорт построил электрический двигатель с более простым коммутатором. В 1838 году Б. С. Якоби усовершенствовал конструкцию электродвигателя, который является прототипом современной электрической машины. В 1841 году англичанин Ч. Уитсон построил однофазный синхронный электродвигатель. В 1876 году российский ученый П. Н. Яблочков разработал

несколько конструкций синхронных генераторов для питания изобретенных им свечей, а также изобрел трансформатор. В 1888 году итальянец Г. Феррарис и югослав Н. Тесла открыли явление вращающегося магнитного поля, что положило начало конструированию многофазных электродвигателей. Феррарисом и Теслой были разработаны несколько моделей двухфазных двигателей переменного тока. Русским электротехником М. О. Доливо-Добровольским в 1889 году была разработана трехфазная система переменного тока. В этом же году он запатентовал асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, а несколько позднее и с фазным ротором. М.О . Доливо-Добровольским также были разработаны 3-фазный синхронный генератор и 3-фазный трансформатор, конструкции которых остаются практически неизменными и в наше время.

Модель машины переменного тока была разработана в [1]. Теоретически машины переменного тока могут быть построены с любым количеством фаз. Приводы с большим числом фаз обладают рядом преимуществ по сравнению с обычными трехфазными приводами: уменьшение амплитуды и увеличение частоты пульсаций момента, уменьшение гармонических токов ротора, уменьшение значения электрического тока на фазу без увеличения напряжения на фазу, уменьшение гармоник тока звена постоянного тока, более высокая надежность и увеличение мощности при той же массе [2].

Наиболее важными характеристиками современного привода являются высокая надежность, хорошие характеристики управления, низкие требования к техническому обслуживанию и ремонту и низкие эксплуатационные расходы. Новые силовые полупроводниковые элементы, такие как MOSFET и IGBT, увеличивают возможности управления электрическими машинами [3].

В ходе практики была построена модель пятифазного синхронного двигателя, управляемого транзисторным преобразователем-регулятором напряжения на основе силовых полупроводниковых переключателей. Исследовано влияние режимов работы двигателя и момента инерции нагрузки на точность скорости вращения двигателя.

Разработка математической модели пятифазного синхронного электродвигателя

При моделировании двигателей переменного тока хорошо себя показывают модели во вращающейся системе координат dq , ось d которой ориентирована по потоку ротора. Однако для их реализации необходимы преобразование Кларк и преобразование Парка. И если последнее никак не зависит от количества фаз реальной системы, то преобразование Кларк претерпевает существенные изменения.

Прямое и обратное преобразование Кларк для трехфазных представлено в формулах (1) и (2) [4]:

$$\begin{cases} I_{S\alpha} = I_{SA}, \\ I_{S\beta} = \frac{I_{SB} - I_{SC}}{\sqrt{3}}, \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} I_{SA} = I_{S\alpha}, \\ I_{SB} = \frac{\sqrt{3}}{2}I_{S\beta} - \frac{1}{2}I_{S\alpha}, \\ I_{SC} = -\frac{1}{2}I_{S\alpha} - \frac{\sqrt{3}}{2}I_{S\beta}. \end{cases} \quad (2)$$

Однако это уже упрощенные формулы, которые выводятся из более общих матричных уравнений (3) и (4), где множитель $2/3$ необходим для преобразования без изменения длины векторов, так как 3 вектора преобразуются в 2:

$$\begin{pmatrix} I_{S\alpha} \\ I_{S\beta} \end{pmatrix} = \frac{2}{3} \begin{pmatrix} \cos(0) & \cos\left(\frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\frac{4\pi}{3}\right) \\ \sin(0) & \sin\left(\frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\frac{4\pi}{3}\right) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} I_{SA} \\ I_{SB} \\ I_{SC} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$\begin{pmatrix} I_{SA} \\ I_{SB} \\ I_{SC} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(0) & \sin(0) \\ \cos\left(\frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\left(\frac{4\pi}{3}\right) & \sin\left(\frac{4\pi}{3}\right) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} I_{S\alpha} \\ I_{S\beta} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Соответственно, переход из пятифазной системы в двухфазную и обратно производится по уравнениям (5) и (6), которые по необходимости можно упростить:

$$\begin{pmatrix} I_{S\alpha} \\ I_{S\beta} \end{pmatrix} = \frac{2}{5} \begin{pmatrix} \cos(0) & \cos\left(\frac{2\pi}{5}\right) & \cos\left(\frac{4\pi}{5}\right) & \cos\left(\frac{6\pi}{5}\right) & \cos\left(\frac{8\pi}{5}\right) \\ \sin(0) & \sin\left(\frac{2\pi}{5}\right) & \sin\left(\frac{4\pi}{5}\right) & \sin\left(\frac{6\pi}{5}\right) & \sin\left(\frac{8\pi}{5}\right) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} I_{SA} \\ I_{SB} \\ I_{SC} \\ I_{SD} \\ I_{SE} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

$$\begin{pmatrix} I_{SA} \\ I_{SB} \\ I_{SC} \\ I_{SD} \\ I_{SE} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(0) & \sin(0) \\ \cos\left(\frac{2\pi}{5}\right) & \sin\left(\frac{2\pi}{5}\right) \\ \cos\left(\frac{4\pi}{5}\right) & \sin\left(\frac{4\pi}{5}\right) \\ \cos\left(\frac{6\pi}{5}\right) & \sin\left(\frac{6\pi}{5}\right) \\ \cos\left(\frac{8\pi}{5}\right) & \sin\left(\frac{8\pi}{5}\right) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} I_{S\alpha} \\ I_{S\beta} \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Обеспечив правильность векторных преобразований, можно перейти непосредственно к модели самого двигателя. На рис. 1 изображена векторная диаграмма, поясняющая процессы, происходящие в синхронном двигателе. Будем рассматривать их во вращающейся системе координат dq , ось d которой ориентирована по потоку ротора [4].

Ротор двигателя, являющийся постоянным магнитом, создает потокосцепление ψ_f , равное произведению потока ротора на число витков обмотки статора. Направлен вектор этого потокосцепления по оси ротора d от положительного полюса к отрицательному и отстает от вектора тока статора I_s на некоторый угол φ . Постоянный поток вращающегося ротора создает в обмотках статора

вектор ЭДС E , направленный под прямым углом к потоку и опережающий его на 90 градусов (производная потокосцепления ротора $d\psi_f/dt$) [4].

Амплитуда вектора ЭДС определяется выражением:

$$E = \psi_f \omega_e,$$

где ω_e – скорость вращения поля.

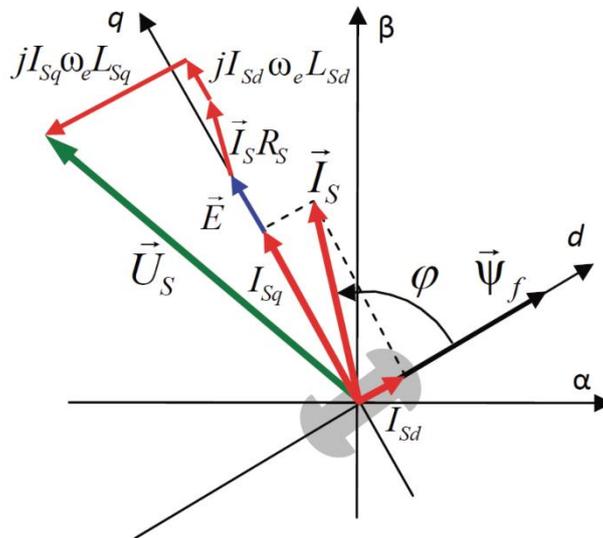


Рис. 1. Векторная диаграмма, поясняющая процессы, происходящие в синхронном двигателе [4]

Согласно рис. 1 можно записать следующее векторное соотношение [4]:

$$U_S = E + I_S R_S + j \omega_e (I_{Sd} L_{Sd} + I_{Sq} L_{Sq}),$$

где U_S – вектор напряжения статора; I_S – вектор тока статора, а I_{Sd} и I_{Sq} – его составляющие; L_{Sd} и L_{Sq} – индуктивность статора по осям d и q ; R_S – сопротивление статора.

В соответствии с рис. 1 вектор статорного напряжения уравнивается вектором ЭДС и падением напряжения на активном (R_S) и реактивном (L_{Sd} и L_{Sq}) сопротивлениях статорной обмотки.

Вращающий момент двигателя возникает в результате силового взаимодействия между векторами тока и потокосцепления статора. Момент определяется векторным произведением действующих значений этих векторов. Учитывая фазность и число пар полюсов двигателя (Z_p), можно записать следующее выражение для вычисления момента двигателя [4]:

$$M_{em} = \frac{3}{2} Z_p (I_S \times \psi_S) = \frac{3}{2} Z_p |I_S| |\psi_S| \sin \varphi,$$

где φ – угол между векторами тока и потокосцепления статора.

Формула для расчета электромагнитного момента двигателя в системе dq координат будет выглядеть так [4]:

$$M_{em} = \frac{3}{2} Z_p (I_{Sq} \psi_f + I_{Sd} I_{Sq} (L_{Sd} - L_{Sq})).$$

Однако эта формула справедлива только для трехфазных двигателей, так как коэффициент $3/2$ связан с фазностью двигателя. Он необходим, так как при преобразовании Кларк трех входных вектора токов преобразуются в два вектора с сохранением их амплитуды, и без него момент будет вычисляться неправильно. Соответственно, для пятифазного двигателя преобразование будет происходить из пяти векторов в два и для правильного вычисления момента коэффициент необходимо заменить на $5/2$. После чего формула будет выглядеть так:

$$M_{em} = \frac{5}{2} Z_p \left(I_{Sq} \Psi_f + I_{Sd} I_{Sq} (L_{Sd} - L_{Sq}) \right).$$

Модель электромагнитных процессов двигателя показана на рис. 2.

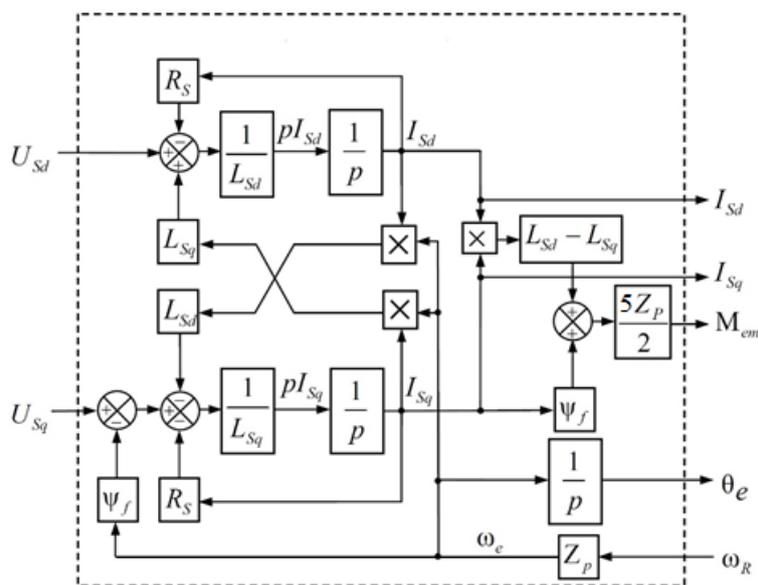


Рис. 2. Модель электромагнитных процессов двигателя [4]

Модель дополнена вычислителем угла поля ротора (θ_e), который получается интегрированием скорости поля (ω_e). Входными сигналами модели являются напряжения и скорость, а выходными – токи, электромагнитный момент и угол поля.

Двигатель получает пятифазное напряжение, сформированное с помощью широтно-импульсной модуляции, имеет момент сопротивления нагрузки с некоторым моментом инерции, а на выходе выдает электромагнитный вращающийся момент и скорость. Математическая модель пятифазного двигателя используется для моделирования пятифазной синхронной машины.

Аналогичная имитационная модель синхронной реактивной машины представлена в [5]. Программа осуществляет имитационное моделирование синхронного реактивного двигателя (СРМ) по уравнениям обобщенной электрической машины с преобразованиями Парка – Горева. Программа обеспечивает выполнение следующих функций: использование в качестве источника питания для двигателя трехфазного инвертора; возможность подключения модели к портам физического моделирования для совместного использования с блоками

силовой электроники; возможность исследовать режим насыщения машины; настройка параметров модели в отдельном окне, что делает программу удобной для использования и модификаций. Модель условно разделена на 2 подсистемы, описывающие электрическую и механическую составляющую, а также подсистему, формирующую шину с измеренными в машине величинами; сохранение результатов моделирования в структурированном массиве данных в рабочее пространство, что позволяет проводить дальнейшую обработку полученных данных.

Разработка математической модели векторной системы управления

Согласно выражениям, полученным в предыдущем разделе, в среде Matlab Simulink была разработана математическая модель электромагнитных процессов в пятифазном СДПМ и системы управления для него. Разработанные модели представлены на рис. 3 и 4.

Так как ротор двигателя предполагается делать неявно полюсным, крутящий момент создается только взаимодействием тока статора по оси q с вектором потока сцепления ротора.

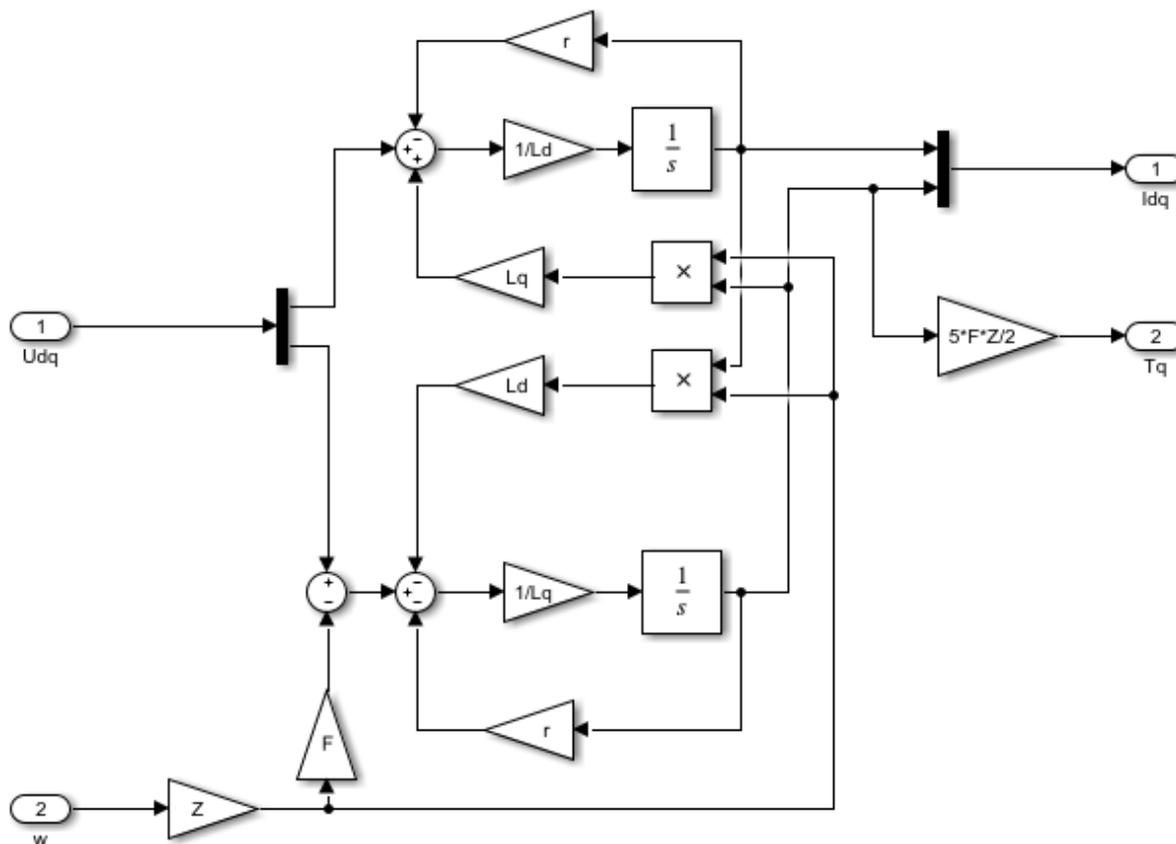


Рис. 3. Математическая модель электромагнитных процессов в пятифазном СДПМ в среде Simulink

Для управления пятифазным двигателем применяется классическая структура векторной системы управления. Так как модели двигателя и системы управления построены во вращающейся системе координат, преобразования Кларк и Парка можно не использовать при моделировании.

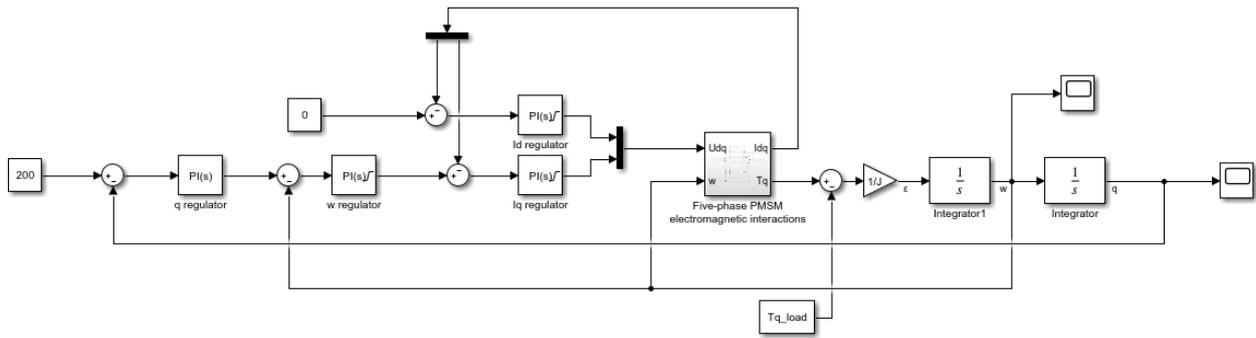


Рис. 4. Модель системы управления в среде Simulink

Устройство управления имеет три контура обратной связи. Внутренний быстродействующий контур обеспечивает контроль токов по осям d и q с помощью ПИ-регуляторов, что позволяет поддерживать суммарный вектор тока статора перпендикулярно вектору потокосцепления ротора и обеспечивать наибольший крутящий момент. Средний контур обеспечивает контроль угловой скорости вращения вала с помощью ПИ-регулятора. Внешний контур обеспечивает контроль углового положения ротора двигателя с помощью П-регулятора.

Параметры двигателя наиболее приближены к параметрам макетного образца и приведены в табл. 3.

Таблица 3. Параметры двигателя

Название параметра	Обозначение параметра	Значение параметра
Сопротивление фазы статора, Ом	R_S	1,1
Индуктивность фазы статора, Гн	L_S	0,001
Потокосцепление ротора, Вб	F	0,0006

Коэффициенты регуляторов были подобраны с помощью инструмента Response Optimizer, предоставляемого средой Matlab Simulink.

Параметры регуляторов приведены в табл. 4.

Таблица 4. Параметры регуляторов

Название параметра	Обозначение параметра	Значение параметра
Регуляторы тока по осям dq		
Коэффициент пропорциональный	k_p	1,58
Коэффициент интегральный	k_i	0,21
Регулятор угловой скорости ротора		
Коэффициент пропорциональный	k_p	4,2
Коэффициент интегральный	k_i	5,86
Регулятор углового положения ротора		
Коэффициент пропорциональный	k_p	0,67

График полученного переходного процесса представлен на рис. 5. На графике видно, что переходной процесс не имеет перерегулирования, а время регулирования составляет 2,6 секунды.

Аналогичная система управления двигателем рассмотрена в [6]. Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в системах частотного регулирования скорости синхронных двигателей, питаемых от автономного инвертора напряжения, в режиме бездатчикового управления.

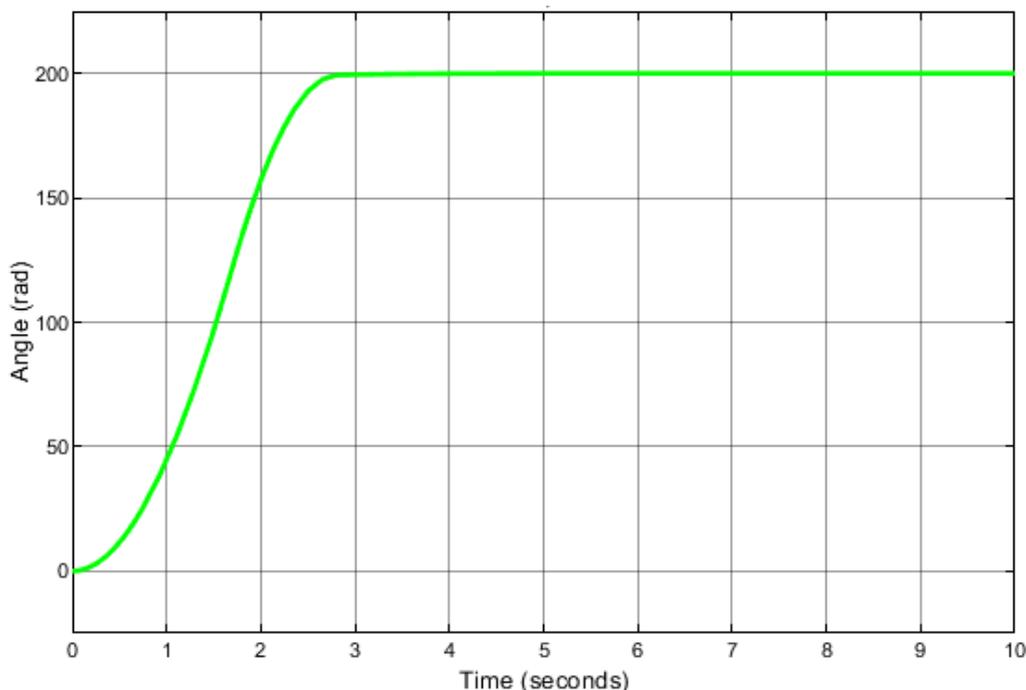


Рис. 5. График переходного процесса

Техническим результатом является обеспечение экономичного ($\cos\varphi=1$) и устойчивого (без колебаний) режима вращения двигателя в условиях изменяющегося момента нагрузки на его валу. Алгоритм реализуется с использованием только сигнала обратной связи по току нагрузки на выходе инвертора. Для управления скоростью синхронного двигателя с помощью автономного инвертора, содержащего каналы регулирования амплитудой и частотой напряжения обмотки статора: в канал регулирования амплитуды вводится сигнал ΔU ; в канал регулирования частоты вводится сигнал в виде фазового сдвига (на угол φ) с положительным знаком; для управления автономным инвертором используются сигналы датчиков тока D_m после их преобразований из трехфазной (физической) модели i_A, i_B, i_C в эквивалентную двухфазную модель. Работа устройства может выполняться без использования сигналов блока интегрирования и блока суммирования.

Разработка макетного образца

Для отработки правильности работы автономного инвертора, датчиков тока и положения ротора, алгоритма управления и программного обеспечения разрабатываемой системы был сконструирован и собран макетный образец пятифазного СДПМ.

Для удобства корпус макета был выполнен по стандарту NEMA 23 аналогично корпусам шаговых двигателей и промышленных сервоприводов. Детали корпуса скрепляются между собой восемью винтами М3х20 и вплавляемыми в отверстия латунными вставками с резьбой М3. Конструкция корпуса представлена на рис. 6.

Для увеличения крутящего момента статор и ротор были изготовлены так, что магнитный поток через них проходит в осевом направлении, что позволило удалить область приложения электромагнитных сил от оси вращения ротора.

Статор электродвигателя изготовлен из 30 отдельных пластин трансформаторной стали, на каждую из которых намотано по 50 витков медного провода диаметром 0,5 мм. Фазы соединяются между собой по схеме «звезда». Катушки каждой фазы соединяются последовательно и имеют фазное сопротивление 1,1 Ом. Места соединения катушек изолируются с помощью изолянты или термоусадочных трубок. Катушки устанавливаются на пластиковую оправку, которая в свою очередь устанавливается в корпус двигателя. Для улучшения теплопроводности, стойкости к вибрационным нагрузкам, повышенным напряжениям и влажности катушки в корпус могут заливаться различными компаундами. Статор электродвигателя в собранном состоянии представлен на рис. 7.

Ротор представляет собой вал с двумя дисками, закрепленными на нем. Каждый диск состоит из круглой пластины электротехнической стали призматических неодимовых магнитов и пластиковой детали, которая обеспечивает их крепление и позиционирование. Для проведения различных экспериментов диски могут легко сниматься с вала и заменяться на аналогичные с другими характеристиками (число полюсов, размеры магнитов, размеры пластин электротехнической стали). Ротор в собранном состоянии представлен на рис. 8.

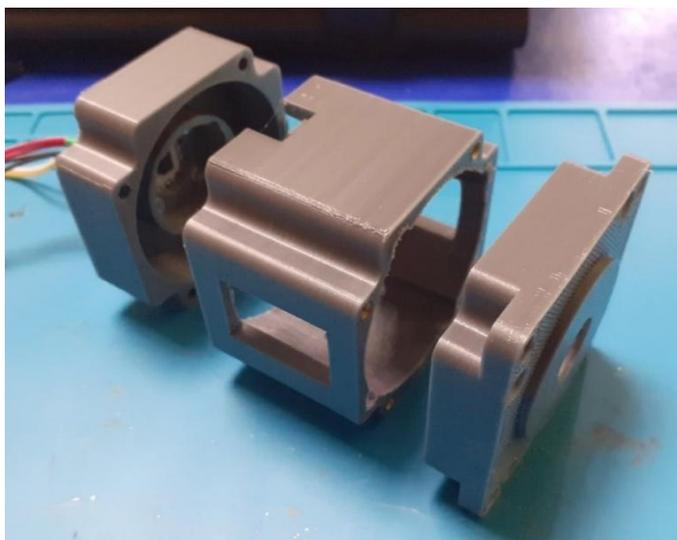


Рис. 6. Конструкция корпуса двигателя

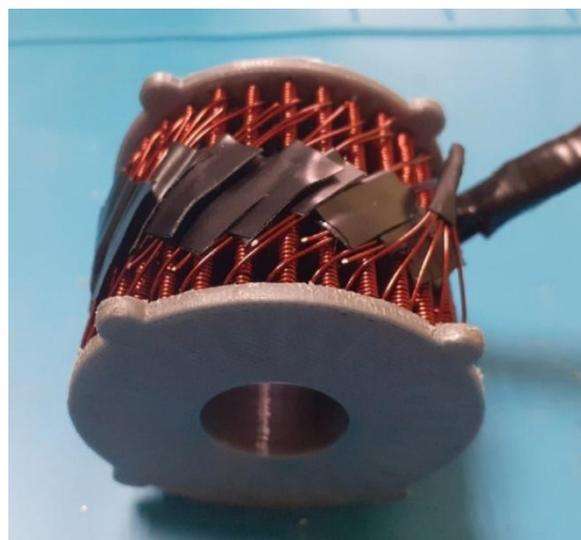


Рис. 7. Статор электродвигателя

Использование постоянных неодимовых магнитов повышает соотношение мощности и крутящего момента двигателя к его массе, однако это имеет и негативные последствия. Из-за неравномерности магнитного поля, создаваемого



Рис. 8. Ротор электродвигателя

магнитами, возникает шаговый момент, кроме того, противо-ЭДС такого двигателя имеет несинусоидальную форму. В данном макете эта проблема решается путем поворота дисков с магнитами друг относительно друга на угол, равный половине угла между зубцами статора, т. е. при данной компоновке статора на 6 градусов. Это делает форму противо-ЭДС более плавной, сильно уменьшает величину шагового момента и переносит спектр вызываемых им вибраций в более высокочастотную область.

В качестве силового инвертора были использованы модули на основе микросхем L298n. Такой модуль имеет 4 независимые полумостовые схемы на биполярных транзисторах и может коммутировать напряжения до 30 В и управлять суммарной нагрузкой до 3 А. Так как для управления пятифазным двигателем необходимо минимум 5 полумостовых схем, используется сразу два таких модуля.

В качестве датчика обратной связи в системе можно использовать модуль 12-битного абсолютного магнитного энкодера на основе микросхемы AS5600. Она имеет напряжение питания 3,3 В, а передача данных происходит по интерфейсу I2C. Частота измерений положения вала составляет 8 КГц. Такой датчик обеспечивает получение всех необходимых для управления данных. Датчик был закреплен винтами на задней крышке корпуса двигателя, а на валу был установлен круглый неодимовый магнит с радиальной намагниченностью. Способ крепления энкодера показан на рис. 9. (Вся система в сборе представлена на рис. 10.)



Рис. 9. Крепление модуля энкодера на задней крышке корпуса



Рис. 10. Макетный образец сервопривода в сборе

Для реализации алгоритмов управления был выбран микроконтроллер STM32H743VIT6. Это один из самых производительных микроконтроллеров, выпускаемых компанией STMicroelectronics. Он обладает большим количеством самых разнообразных периферийных устройств, что вкупе с высокой частотой работы процессора позволяет реализовывать почти любые алгоритмы управления. Такой микроконтроллер помимо прочего обладает также высокой стоимостью, из-за чего в данном проекте применим лишь на этапе макетирования. После отладки алгоритмов, ПО и получения данных о времени, требуемом для расчета, планируется подобрать более дешевый микроконтроллер.

Заключение

Были разработаны математические модели пятифазного синхронного двигателя и векторной системы управления для него. Внутренний быстродействующий контур обеспечивает контроль токов по осям d и q с помощью ПИ-регуляторов, что позволяет поддерживать суммарный вектор тока статора перпендикулярно вектору потокосцепления ротора и обеспечивать наибольший крутящий момент. Средний контур обеспечивает контроль угловой скорости вращения вала с помощью ПИ-регулятора. Внешний контур обеспечивает контроль углового положения ротора двигателя с помощью П-регулятора. Выполнена оптимизация параметров ПИ-регулятора. Переходной процесс не имеет перерегулирования, а время регулирования составляет 2,6 секунды. Был сконструирован и собран макетный образец привода, необходимый для верификации полученной модели и проведения натуральных экспериментов. Переходной процесс не имеет перерегулирования, а время регулирования составляет 2,6 секунды.

Список использованных источников и литературы

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-, приборостроении. 2020. – № 3 (11). – С. 28–38. – ISSN 2658-4727.
2. *Герман-Галкин, С. Г.* Модульная синхронная индукторная машина в системе электропривода / С. Г. Герман-Галкин, В. В. Лебедев, А. В. Бормотов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2015. – № 16 (11). – С. 731–737. – DOI: 10.17587/mau.16.731-737.
3. *Герман-Галкин, С. Г.* Структурные и имитационные модели в модельно-ориентированном проектировании вентильного электропривода для опорно-поворотного устройства / С. Г. Герман-Галкин, Р. С. Гаврилов, Ю. Н. Мустафаев // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2017. – № 18 (1). С. 56–63. – DOI: 10.17587/mau.18.56-63.
4. *Калачев, Ю. Н.* SimInTech: Моделирование в электроприводе. – Москва. – 91 с.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017616927 Российская Федерация. Имитационная модель синхронной реактивной машины : № 2017614004 : заявл. 27.04.2017 : опубл. 20.06.2017 / И. В. Гуляев, В. А. Лапшина, А. А. Попов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва». – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_39366033_33050362.PDF.

6. Патент № 2724603 С1 Российская Федерация, МПК H02P 6/18, H02P 21/10, H02P 27/16. Способ управления синхронным электродвигателем : № 2019129273 : заявл. 16.09.2019 : опубл. 25.06.2020 / И. В. Викторов, В. М. Никитин ; заявитель Акционерное общество «Чебоксарский электроаппаратный завод».

A. A. *Bannikov*, bachelor,

Y. R. *Nikitin*, CSc, Assoc. prof.

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Development of a five-phase synchronous motor with permanent magnets

In this paper the design, mathematical and simulation models of a five-phase synchronous motor with permanent magnets and a simulation model of a control device have been developed. A mathematical model of electromagnetic processes in a five-phase motor and control system with three feedback loops has been developed in Matlab Simulink environment. The inner fast loop provides control of currents along d and q axes by means of PI controllers, which allows keeping the total stator current vector perpendicular to the rotor current-circuit vector and providing the highest torque. The middle circuit provides control of angular speed of shaft rotation by means of PI-controllers. The outer circuit provides control of the angular position of the motor rotor by means of the P controller. The parameters of the regulators are optimized. The transient process has no overshoot and the control time is 2.6 seconds. A prototype of the motor has been developed and manufactured.

Keywords: five-phase motor, model, permanent magnet synchronous motor.

П. А. Бочкарева, студент, ro_rose1@icloud.com
А. В. Пилюшенко, канд. филос. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Применение теории медиаэкологии и экосистемного подхода при разработке цифровых сервисов для города

Статья посвящена проблеме разработки цифровых сервисов для города. Рассмотрены преимущества применения теории медиаэкологии при разработке цифровых сервисов участия горожанина в управлении городской средой, где цифровое пространство является логичным продолжением парадигмы мышления и поведения, когнитивных установок пользователей. Обоснована роль цифровых сервисов для города как ресурса развития гражданской активности и инструментов электронной демократии. Предложен экосистемный подход в разработке платформы цифровых сервисов для города, целесообразность которого опосредована повсеместной цифровизацией многих сфер человеческой активности и выработкой соответствующих поведенческих и когнитивных привычек. Рассмотрена роль сервисов принятия решений и сервисов сотрудничества посредством развития технологии интерактивной кооперации и обратной связи, их важность в формировании среды электронной демократии как альтернативной арены развития гражданской активности и политического участия.

Ключевые слова: медиаэкология, экосистема, цифровые сервисы, электронная демократия, городская среда, гражданская активность.

Введение

Трансформация социального пространства в процессе цифровизации всех сфер жизнедеятельности человека требует пересмотра базовых инструментов его коммуникации с обществом, отдельными его элементами и институтами. Особую актуальность в этом контексте приобретает проблема совместного интерактивного управления горожанами городской средой как одного из ключевых направлений развития института электронной демократии.

Проблема кризиса институтов представительства как базового инструмента обеспечения формального народовластия подняла вопрос о поиске новых форм и средств демократизации общественной жизни. Теоретические разработки М. Маклюэна [1], С. Коулмана [2] и М. Кастельса [3] были положены в основу концепции электронной демократии, которая имеет шансы стать истинным инструментом реального вовлечения человека в процесс управления как локально – городской средой, так и глобально – государством и общественными отношениями в целом. Такое положение вещей наделяет цифровые сервисы новым фундаментальным содержанием, а цифровое пространство – статусом

альтернативной политической арены, результатом чего становится смена доминантой политической парадигмы.

Городская среда как объект управления обладает определенной спецификой. Она обладает большей предметностью, чем общегосударственные вопросы, зачастую имеющие абстрактный характер для большей части населения. Проблемы, возникающие у горожанина, как правило, более злободневны, они связаны с его рутинной деятельностью, что определяет нетерпимость граждан в контексте их решения. Они более просты и понятны для обывателя, не требуют специальной подготовки в выработке конкретной гражданской позиции или политических установок. Это наделяет городскую среду удобством в контексте управления ею. Здесь прозрачны цели и потребности, а значит, и управленческие задачи. В связи с этим именно управление городской средой представляет особый теоретический и прикладной интерес, как первая ступень цифровизации гражданского управления. Обозначенная трансформация форм и средств гражданской активности приводит к необходимости пересмотра формы и содержания городских цифровых сервисов, использования актуальных теоретических положений медиаэкологии и экосистемного подхода при их разработке.

Теоретико-методологическая основа исследования

В ходе исследования были использованы общенаучные методы системного анализа, синтеза, обобщения, аналогии при рассмотрении городского пространства как объекта управления в системе цифровой гражданской активности в контексте взаимодействия элементов «человек – цифровые сервисы – городская среда».

При рассмотрении субъектно-объектных отношений в системе управления городской средой были применены методы диалектического подхода, где активность горожанина исследована как единство субъективно-личностных и объективно-социальных факторов мышления и поведения.

При рассмотрении феномена электронной демократии был использован структурный подход, где гражданская активность рассматривается как культурно-исторический код, как частный случай эпистемы в общеполитическом дискурсе.

При исследовании эффективного содержания цифровых сервисов был использован экосистемный подход, который исходит из многогранности цифровой активности современного человека, широкого круга цифровых потребностей, возникающих при взаимодействии человека и городской среды.

Общетеоретической основой разработки цифровых сервисов для города стала концепция медиаэкологии М. Маклюэна [1].

Результаты исследования

Как мы уже отметили, интерес к управлению гражданами городской средой объясняется злободневностью решаемых вопросов и вовлеченностью населения города в эти проблемы непосредственно. Такая особенность определяет специфику коммуникации власти и общества по поводу управления городом, и тот круг вопросов, который затрагивается в рамках данной коммуникации (предельно предметный).

С другой стороны, такие сервисы затрагивают самые разные вопросы взаимодействия власти и общества, формируют образ жизни, стиль мышления и поведенческие привычки, культуру взаимодействия и формируют целую систему взаимосвязанных и взаимодополняемых компонентов, целого медийного пространства, выстраивающего особый тип взаимоотношений, которую сегодня принято называть «экосистемой». Экосистемный подход применительно к медийной и коммуникативной среде берет свое начало в работах Маршалла Маклюэна, который впервые ввел понятие «медиаэкология» еще в 60-х годах XX века.

Основная идея М. Маклюэна заключалась в том, что артефакты – предметы культуры – выступают в роли средств коммуникации, и это представляется как внешние «продолжения» человека, а коммуникационное воздействие артефактов является определяющим для понимания целых эпох в жизни человечества [1]. Медиаэкология в центр изучения ставит проблему взаимодействия человека и информационной среды, которую формируют медиа. Это не информационная среда, взятая сама по себе по отдельности, она есть продолжение человека и обусловлена им.

Развивая эту идею, можно отметить, что сами технологии и цифровые решения взаимодействуют с культурой, ценностями, мышлением, поведением, вкусами и предпочтениями, они приобретают конкретные решения и облик только в связи с «запросами» человека и всегда соответствуют текущему содержанию культуры.

Понятие медиаэкологии раскрывает экосистемный подход в понимании структуры цифровых сервисов управления цифровой средой: цифровые сервисы создают определенное информационное пространство, тесно переплетенное с культурой людей, сложной системой их устремлений, желаний, мировоззренческих позиций, формируя единую систему по управлению городской средой, трансформирующую совместно материальную и духовную среду. Общество, цифровые сервисы и городское пространство становятся взаимообусловленной системой отношений, где каждый элемент выступает в отношении зависимости и других и сам обуславливает другие, формируется экосистема.

Перейдем от теоретического дискурса исследования к практическому. На сегодняшний день цифровые городские сервисы, несмотря на их многочисленность, представляют собой автономные локальные информационные системы. С одной стороны, они решают широкий круг цифровых потребностей людей, с другой – представляют хаотичную избыточную неструктурированную среду, главным образом реализующую информационную функцию.

Основываясь на ценностях электронной демократии и технологиях умного города, представляется целесообразным формировать цифровую среду участия горожанина с учетом следующих положений:

- структурирование информационных сервисов с учетом принципа социальных ролей;
- развитие сервисов сотрудничества и принятия решений посредством развития инструментов интерактивной кооперации и активной обратной связи;

- проактивный (беззаявительный) доступ к сервисам;
- создание единой экосистемы сервисов городского пространства муниципальных и бюджетных организаций, бизнес-структур, общественных объединений.

Применение экосистемного подхода при разработке цифровых сервисов обусловлено рядом причин. Во-первых, цифровые потребности современного человека представляют широкий круг запросов. Представленность в цифровом пространстве множества организаций побуждает цифровую активность пользователей, формирует привычку обращения к цифровому пространству за поиском необходимой информации, удовлетворения искомых потребностей.

Во-вторых, широкий круг цифровых потребностей определяет целесообразность сосредоточения сервисов на одной платформе, представление экосистемы сервисов, отвечающих на широкий круг запросов пользователей. Если раньше цифровые потребности пользователей были единичными и пользователь не нуждался в системном подходе к их удовлетворению, ему достаточно было использование одного, то сегодня в цифровое пространство перенесено большое количество видов гражданских активностей и человеческих потребностей. Это подтверждается исследованиями в области цифровой активности [4].

В-третьих, экосистема предполагает объединение различных сервисов по форме взаимодействия с пользователем: сервисов информирования, сервисов сотрудничества и сервисов принятия решений. Именно развитие последних представляется на данный момент технически более трудным, однако и более необходимым с точки зрения потребностей умного города и развитие электронной демократии как альтернативной арены развития гражданской активности и политического участия.

Заключение

Применение теории медиаэкологии при разработке цифровых сервисов для города представляется важнейшим шагом к пониманию содержания цифрового пространства и медийной среды как части человеческой культуры. Она является логичным продолжением парадигмы мышления и поведения, когнитивных установок пользователей.

Экосистемный подход предлагает организацию цифрового пространства горожанина как системы взаимосвязанных и взаимодополняемых сервисов, их структурирование и полноразмерность, что является главным фактором обеспечения возросших цифровых потребностей людей.

Список использованных источников и литературы

1. *Маклюэн, М.* Понимание Медиа: внешние расширения человека / пер. с англ. В. Г. Николаева. – Москва : Гиперборей; Кучково поле, 2007. – С. 286.
2. *Коулман, С.* Может ли Интернет укрепить демократию? / пер. Ю. А. Кабанов, Ю. Г. Мисников, А. Н. Рябушко. – Санкт-Петербург : Алетейя, 2018.
3. *Кастельс, М.* Власть коммуникации / пер. с англ. Н. М. Тылевич; предисловие к изданию 2013 года А. А. Архиповой ; под науч. ред. А. И. Черных. – 2-е изд., доп. – Москва : Издательский дом Высшей школы экономики, 2017. – С. 276.

4. Маркелова С. В., Скоблина Н. А., Милушкина О. Ю. [База данных] : «Информированность учащихся организаций общего образования и их родителей о факторах риска бесконтрольного использования электронных устройств, связанных с ними основ здорового образа жизни и использование ими электронных устройств при традиционной и дистанционной формах обучения, влияние применяемых электронных устройств на образ жизни и здоровье». Свидетельство о регистрации базы данных 2020621804, 07.10.2020. Заявка № 2020621414 от 14.08.2020.

P. A. Bochkareva, student, po_rose1@icloud.com

A. V. Pilyushenko, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor
Kalashnikov Izhevsk State Technical University

**Application of the theory of media ecology and ecosystem approach
in the development of digital services for the city**

The article is devoted to the problem of developing digital services for the city. The advantages of applying the theory of media ecology in the development of digital services for the participation of a citizen in the management of the urban environment are considered, where the digital space is a logical continuation of the paradigm of thinking and behavior, the cognitive attitudes of users. The role of digital services for the city as a resource for the development of civic engagement and tools of e-democracy is substantiated. An ecosystem approach is proposed in the development of a digital services platform for the city, the feasibility of which is mediated by the widespread digitalization of many areas of human activity and the development of appropriate behavioral and cognitive habits. The role of decision-making services and cooperation services through the development of interactive cooperation technology and feedback, their importance in shaping the e-democracy environment as an alternative arena for the development of civic activity and political participation is considered.

Keywords: media ecology, ecosystem, digital services, e-democracy, urban environment, civic engagement.

И. А. Буторина, студент, butorinairina01@yandex.ru
Е. Ю. Илтубаева, студент,
Э. В. Алиев, канд. техн. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Приложение для отслеживания и прогнозирования здоровья человека

В настоящее время большое количество людей заинтересовано в хорошем здоровье и самочувствии. Но не все знают, чем переболели в детстве или какие заболевания были у ближайших родственников. В данной статье рассмотрена возможность применения хранения, обмена и передачи информации о здоровье человека, а именно приложение, в котором будут собраны все данные о здоровье человека и возможных последующих болезнях с целью их предупреждения. Рассмотрены характеристики и работа приложения, позволяющая человеку контролировать свое самочувствие, а врачу поставить диагноз и назначить лечение в короткий срок. Показан путь сбора и передачи информации в одну базу, с дальнейшей их обработкой. Также представлены аналоги с их преимуществами и недостатками в сравнении с данным нововведением.

Ключевые слова: большие данные, приложение для отслеживания здоровья, прогнозирование болезней, Big Data в здравоохранении.

В мире практически вся информация о каждом человеке хранится в различных базах данных. Начиная от Ф. И. О., номера банковской карты, даты и места рождения, заканчивая сведениями, в какой школе и университете обучался. Например, когда мы приходим в больницу, у каждого есть личная медицинская карта как в бумажном виде, так и в электронном. Электронная медицинская карта – это система, способная собирать и накапливать информацию о пациенте с ряда датчиков, а также на основе интеграции различных баз данных [1].

Big Data уже обеспечила немаловажные прорывы в здравоохранении: сбор, обмен и исследование скопленных учеными и практикующими медицинскими работниками данных двигает вперед изучения, позволяет улучшать врачебную разработку, диагностику, исцеление и подобающий уход за больными. По всему миру, охватывая Российскую Федерацию, на замену массивным картонным медицинским картам приходят цифровые. Но сбор и обработка данных уже обратившихся за врачебной поддержкой – не самое ключевое изменение, которое работа с большими данными привносит в заботу о самочувствии людей.

В реальное время медицина далеко шагнула вперед в проекте применения новаторских технологий. Способности информационных технологий распространяются буквально на все области и сферы жизни, в медицине и будничной жизни человека применяются для того, чтобы наблюдать за состоянием собственного самочувствия. Реальность состоит в том, что у юного населения возвышенное

внимание к цифровым сетевым мультимедийным технологиям и в то же время недостающая грамотность и заинтересованность в области сохранения здоровья и верного исцеления. В современном мире парадигма поменялась. В случае если прежде доктора «нянчились» с любым больным и принудительно вынуждали его проходить полные курсы лечения и реабилитации, то сегодня во многом инициатива по сохранению и восстановлению самочувствия должна идти от больного. Актуальность данного исследования обусловлена тем, что в настоящее время современные технологии, используемые для здорового образа жизни, являются предметом повышенного внимания физически активного человека [2].

Целью изучения являются передовые приборы и системы, обеспечивающие поддержание активного образа жизни, сбережение самочувствия и разработку совместного носителя информации для всякого человека. Практическая и теоретическая значимость предоставленного изучения заключается в популяризации информационной помощи здорового образа жизни, увеличении физиологической энергичности с поддержкой передовых систем мониторинга спортивной тренировки, а еще в закреплении и сбережении самочувствия человека. Научная новизна итогов изучения заключается в адаптации и интеграции новаторских средств прогноза физиологической энергичности человека и передовых здоровьесберегающих средств в единственную универсальную информационную систему. Имеют достаточно широкое распространение специальные приложения для смартфонов, которые обладают диагностическим назначением и напоминают человеку о необходимости принятия тех или иных необходимых препаратов либо совершения определенных действий в целях поддержания нужного режима – режима питания, физической активности, режима сна и т. п. Приложения и гаджеты могут определить вероятность наступления заболеваний, иные риски, которые можно избежать, если человек предупрежден о них, измерить пульс и дыхание, сердцебиение и т. п.

Приложение для самоконтроля диабетиков. В нем имеются разделы для записи информации об уровне сахара, количестве съеденных за день хлебных единиц, инъекциях инсулина, самочувствии и симптомах (рис. 1).

Женский календарь. Данное приложение помогает девушкам отслеживать цикл, свое настроение, симптомы и прочие показатели, касающиеся женской репродуктивной системы (рис. 2).



Рис. 1. Приложение для самоконтроля диабетиков



Рис. 2. Женский календарь

Приложение для аллергиков. Это приложение разрешает предсказывать степень аллергенов в ближайшие дни именно в мегаполисе, где вы живете. Мониторинг рассчитывается по сведениям исследований метеослужб, собранных за некоторое время неизменного прогноза. Можно сделать вывод, все «помощники» работают по одному принципу: человек задает нужные начальные параметры, далее приложение анализирует их и выдает прогноз или результат.

Как известно, лучшее лечение – это профилактика. Сейчас создано довольно много приложений, с помощью которых можно контролировать свое здоровье, и в случае отклонения каких-либо параметров люди обращаются к нужным специалистам. Но все эти приложения – узконаправленные, и начальные данные человек задает самостоятельно.

Исходя из этого предлагается внедрить новое приложение Personal Medical Card, которое будет помогать человеку с его проблемами самочувствия. А именно, где будут собраны все данные о перенесенных заболеваниях, а также о болезнях, которые могут передаваться наследственно, с личного согласия близких родственников на обработку данных. Наследственные заболевания – это очень крупный класс заболеваний человека, которые вызваны патологическими изменениями в генетическом аппарате [3].

Врачи будут также заполнять у себя все жалобы людей в плане здоровья, затем это будет дублироваться в специальное приложение. И если человека будет что-то серьезно тревожить, тогда он самостоятельно отметит в приложении причины, будет составляться его индивидуальный план лечения исходя из прошлой истории болезни. Следовательно, приложение анализирует все данные, которые были указаны ранее врачом, самим пациентом, также наследственные заболевания родственников, и выдает подробную инструкцию необходимых действий. Функциональные возможности – сбор, хранение информации, операции обработки – ввод, оценка динамики изменений показателей и выдача информации, обеспечение управления устройствами, сопрягаемыми с мобильным устройством [4].

В приложении Personal Medical Card будут такие разделы, как симптомы, история болезней, график работы нужного специалиста, запись на прием. Вход в приложение будет осуществляться по данным паспорта и номера полиса ОМС. Также будут такие разделы, как личный кабинет, где будет вся необходимая информация о человеке и его история болезней, наследственные и хронические заболевания, анализы, которые могут быть сданы в разных лабораториях, но все данные придут в одно место. Разделы «Поддержка» для связи с врачами, которые смогут дать специальные рекомендации, и «Настройка», чтоб сделать приложение удобным для себя, можно будет выбрать версию для слабовидящих (рис. 3).

При посещении врачей вся информация будет записываться в личную электронную медицинскую книжку, данные переходят в общую базу, это удобно тем, что если человек сдавал анализы или посещал специалистов в другом учреждении, вся информация будет видна для дальнейшего использования (рис. 4). Вся информация будет конфиденциальной и защищена от посторон-

них. А возможные наследственные заболевания будут записываться с согласия близких родственников. Приложение находится на стадии разработки и будет доступно на площадках IOS и Android.



Рис. 3. Меню приложения



Рис. 4. Схема перехода данных

Приложение Personal Medical Card, в отличие от уже существующих, будет работать на данных о здоровье человека за весь период жизни, анализируя и прогнозируя диагноз. Также приложение охватывает все сферы здоровья человека с целью выявления болезней на ранних стадиях.

Современные технологии не останавливаются на достигнутом уровне, ведется активная работа по их разработке более практичных и универсальных гаджетов.

Данное нововведение упростит жизнь как врачам, так и потенциальным посетителям. Приложение Personal Medical Card будет работать на основе личных данных о здоровье и составлять план лечения при недомогании. Врачам будет легче тем, что информация, которая хранится в базе, будет полная. Таким образом, пациент и врач будут осведомлены во всех сферах здоровья человека для планирования правильного лечения.

Список использованных источников и литературы

1. Наим, Н. А. Big data в медицине / Н. А. Наим, Ф. М. Алимова, М. А. Кушманова // Big Data and Advanced Analytics. – 2021. – № 7-1. – С. 221–223. – EDN PYURJW.
2. Толстихин, А. Н. Электронные мобильные средства мониторинга физической активности человека / А. Н. Толстихин, Д. А. Черменев, А. О. Зайцева // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. – 2020. – № 5. – С. 44–50. – DOI 10.24411/2305-8404-2020-10506.
3. Шитова, А. В. Наследственные заболевания человека / А. В. Шитова, А. А. Харченко, Е. Б. Тютюнникова // Приоритетные направления развития науки и образования. – 2016. – № 4-1 (11). – С. 66–68.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665862 Российская Федерация. Программа для функционирования мобильного приложения "KLU" для Android : № 2021664869 : заявл. 22.09.2021 : опубл. 04.10.2021 ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Валента Диджитал».

I. A. Butorina, student, butorinairina01@yandex.ru;

E. Yu. Itubayeva, student

E. V. Aliyev, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences,
Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Application for tracking and forecasting human health

Currently, a large number of people are interested in their health and well-being. But not everyone knows what they had in childhood or what diseases their closest relatives had. This article discusses the possibility of using the storage, exchange and transmission of information about human health. Namely, an application in which all data on human health and possible subsequent diseases will be collected in order to prevent them. The characteristics and operation of the application are considered, which allows a person to control his well-being, and a doctor to diagnose and prescribe treatment in a short time. The way of collecting and transmitting information into one database, with their further processing, is shown. Analogs with their advantages and disadvantages are also presented, in comparison with this innovation.

Keywords: big data, health tracking application, disease prediction, Big Data in health-care.

М. Н. Вахрушева, студент, vahrusheva1999@list.ru
С. А. Трефилов, канд. техн. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка 3D-сканера на основе лидара и линейной направляющей

В настоящее время самым популярным видом сканирования является 3D-сканирование. Существует большая потребность в 3D-сканировании в таких сферах, как производство промышленного оборудования, строительстве и проектировании инженерных систем, медицине и протезировании, музееведении и культурологии и др. В статье представлена разработка 3D сканера на основе лидара и линейной направляющей. Данный сканер предназначен для сканирования промышленных изделий и получения их 3D-моделей, которые в дальнейшем могут использоваться в различных целях, в том числе и 3D-печати. В данной работе представлены структурная схема сканера, описание его составных компонентов, принцип функционирования, расчет максимальных скорости и ускорения для обеспечения максимального разрешения, расчет дифференциального уравнения и передаточной функции системы.

Ключевые слова: 3D-сканер, лидар, сканирование, лазер, линейная направляющая.

Введение

К наиболее популярным методам бесконтактного 3D-сканирования в настоящее время можно отнести активное. Чаще всего для него используются времяпролетные камеры, которые можно встретить в любом современном смартфоне, однако превосходство лидаров заключается в том, что с помощью него можно производить сканирование на больших расстояниях, его скорость считывания информации выше, а также он более совершенен в условиях плохого освещения. Кроме того, чтобы была возможность сканирования изделий с большими габаритами, используется линейная направляющая.

Описание работы

3D-сканер представляет собой лидар, который расположен на каретке линейной направляющей. Она приводится в движение с помощью двигателя, регулируемого драйвером и управляемого микроконтроллером. При помощи информации, полученной персональным компьютером от лидара, происходит построение модели сканируемых объектов. На рис. 1 представлена структурная схема 3D-сканера.

Аналогичный 3D-сканер рассмотрен в [1]. Данный сканер содержит приемник отраженного от объекта сканирования излучения и источник излучения, проецирующий на объект вертикальную сфокусированную линию, закрепленные универсальными креплениями на подвижной опоре-подставке, выполнен-

ной в виде рельса с возможностью перемещения вдоль объекта сканирования, обеспечивающей возможность их взаимного расположения и движения вдоль объекта.

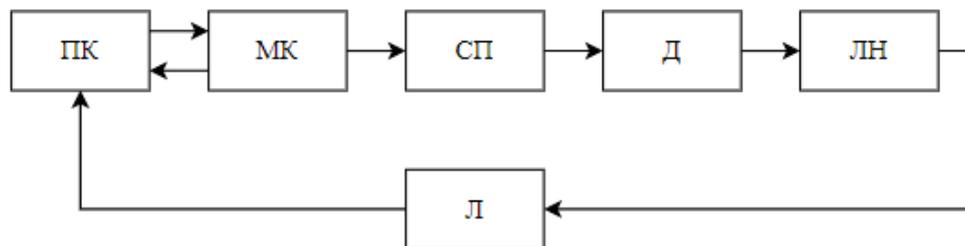


Рис. 1. Структурная схема 3D-сканера: ПК – персональный компьютер; МК – микроконтроллер; СП – силовой преобразователь; Д – двигатель; ЛН – линейная направляющая; Л – лидар

Сканирование проводится с помощью лидара HOKUYO UTM-30LX-EW, который может обеспечить скорость сканирования один кадр за 25 мс, максимальная дальность сканирования 30 метров, угол сканирования –270 градусов.

Время сканирования одной строки составляет $t_{\text{лидара}} = 25 \cdot 10^{-3}$, ширина измерительного лазерного луча лидара равна $h_l = 1$ мм.

За время развертки одной строки лидара мы должны сместить каретку с ним на эту же величину, то есть скорость каретки будет равна:

$$v_{opt} = \frac{h_l}{t_{\text{лидара}}} = \frac{10^{-3}}{25 \cdot 10^{-3}} = 0,04 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

В таком случае строка лазерного измерителя не будет накладываться одна на другую и не будет зазора в измеряемом поле.

Найдем время, за которое будет сделан один 3D-кадр:

$$t_{opt-3D-кадр} = l_{\text{длина-направляющей}} / v_{opt} = \frac{3(\text{м})}{0,04 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)} = 75 \text{ с.}$$

Скорость вращения приводного двигателя за один оборот определим как

$$\omega_{opt} = \frac{v_{opt}}{R_{\text{зуб-кол}}} = \frac{0,04(\text{м/с})}{0,025(\text{м})} = 1,6 \frac{\text{об}}{\text{с}},$$

$$\omega_{opt} = \frac{v_{opt}}{R_{\text{зуб-кол}}} 60 = \frac{0,04(\text{м/с})}{0,025(\text{м})} 60 = 96 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

или в радианах за секунду:

$$\omega_{opt} = \frac{2\pi v_{opt}}{R_{\text{зуб-кол}}} = \frac{6,28 \cdot 0,04(\text{м/с})}{0,025(\text{м})} = 10,048 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Увеличивая или уменьшая скорость вращения приводного двигателя направляющей от оптимальной ω_{opt} , можем увеличить или уменьшить скорость 3D-съемки с ухудшением качества.

Зададим время готовности 3D-сканера $t_{гот} = 25$ миллисекунд. Тогда ускорение каретки будет равно

$$a_{гот} = \frac{v_{max} - v_{min}}{t_{гот}}$$

А угловое ускорение вала привода

$$\varepsilon_{гот} = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{t_{гот}} = \frac{2\pi a_{гот}}{R_{зуб-кол}},$$

где $R_{зуб-кол}$ – радиус ведущего зубчатого колеса направляющей.

Подставив значения для оптимальной скорости, получим:

$$a_{гот} = \frac{v_{opt} - 0}{25 \cdot 10^{-3}} = \frac{0,04 \left(\frac{м}{с} \right)}{25 \cdot 10^{-3}} = 1,6 \frac{м}{с^2},$$

$$\varepsilon_{гот} = \frac{\omega_{opt} - 0}{t_{гот}} = \frac{10,048}{25 \cdot 10^{-3}} \frac{рад}{с^2} = 401,92 \frac{рад}{с^2}.$$

Результатом съемки 3D-сканера является облако точек, которое обрабатывается через специальную программу на ЭВМ. Программа дает возможность выделения объекта по облаку точек и определения его положения [2].

Произведем расчет передаточной функции. Составим приведенный к валу двигателя постоянного тока (ДПТ) баланс моментов для 3D сканера на линейной направляющей:

$$M_{max} = M_{ДПТ} - M_{тр} - M_{ЭДС ДПТ}, \quad (1)$$

где $M_{ДПТ}$ – момент двигателя; $M_{тр}$ – момент трения:

$$M_{тр} = M_{тр ДПТ} + M_{тр р.п.} + M_{тр платф}, \quad (2)$$

где $M_{тр ДПТ}$ – момент трения в двигателе, $M_{тр р.п.}$ – момент трения ременной передачи, $M_{тр платф}$ – момент трения платформы.

Момент трения в двигателе:

$$M_{тр ДПТ} = k_{тп} \cdot w, \quad (3)$$

где $k_{тп}$ – коэффициент трения подшипников.

Момент трения ременной передачи:

$$M_{тр р.п.} = \frac{dF \cdot f_{тр р.п.}}{\sin \alpha_k}, \quad (4)$$

где dF – сила натяжения, f – приведенный коэффициент трения, α_k – угол клина.

Момент трения платформы:

$$M_{\text{тр платф}} = F_{\text{тр платф}} \cdot l = m \cdot g \cdot k_{\text{тр}} \cdot l, \quad (5)$$

где $m = m_k + m_d$ – масса каретки и лидара, $k_{\text{тр}}$ – коэффициент трения, l – плечо.

Подставив формулы (3)–(5) в формулу (2), получим момент трения:

$$M_{\text{тр}} = k_{\text{тп}} \cdot w + \frac{dF \cdot f_{\text{тр р.п}}}{\sin \alpha_k} + m \cdot g \cdot k_{\text{тр}} \cdot l. \quad (6)$$

Рассмотрим двигатель постоянного тока. Напряжение $e_m(t)$, возникающее в обмотке якоря в результате его вращения в магнитном поле, – противоЭДС. Если магнитный поток постоянный:

$$e_m(t) = K_e \frac{d\theta}{dt},$$

где K_e – параметр электродвигателя, θ – угол поворота ротора, $\frac{d\theta}{dt}$ – угловая скорость вращения двигателя.

После преобразований Лапласа получим, что момент на валу двигателя определяется уравнением

$$M_{\text{ДПТ}}(S) = K_m I_a(S).$$

Заключительное уравнение получается путем суммирования всех моментов, действующих на якорь двигателя:

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} = m(t) - B \frac{d\theta}{dt},$$

откуда следует

$$M(S) = (JS^2 + BS) \cdot \theta(S).$$

Для угла поворота двигателя:

$$\theta(S) = \frac{M(S)}{JS^2 + BS}.$$

Получаем:

$$M_{\text{ДПТ}} = J_{\text{ДПТ}} \cdot \varepsilon, \quad (7)$$

где $J_{\text{ДПТ}}$ – момент инерции ДПТ, ε – угловое ускорение вращения двигателя.

$$M_{\text{max}} = \varepsilon_{\text{max}} \cdot J_{\Sigma},$$

где ε_{max} – максимальное угловое ускорение, J_{Σ} – суммарный момент инерции системы.

Суммарный момент инерции системы:

$$J_{\Sigma} = m_{\Sigma} \cdot l^2 + 2J_{з.к} + J_{вал ДПТ} = (m_{рем} + m_{плат}) \cdot l^2 + 2J_{з.к} + J_{вал ДПТ}, \quad (8)$$

где $m_{рем}$, $m_{плат}$ – массы ремня и платформы соответственно, l – плечо, $J_{з.к}$ – момент инерции зубчатого колеса, $J_{вал ДПТ}$ – момент инерции вала ДПТ.

Подставив выражения (6)–(8) в формулу (1) и продифференцировав полученное выражение, выведем дифференциальное уравнение для объекта управления:

$$\begin{aligned} & \left((m_{рем} + m_{плат}) \cdot l^2 + 2J_{з.к} + J_{вал ДПТ} \right) \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} = \\ & = J_{ДПТ} \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} - k_{тп} \cdot \frac{d\theta(t)}{dt} - \frac{f_{тр р.п}}{\sin \alpha_k} \cdot \frac{dx(t)}{dt} - mgk_{тр}l - k_{ЭДС ДПТ} \cdot \frac{d\theta(t)}{dt}. \quad (9) \end{aligned}$$

Передачная функция представляет собой отношение изображений выходной и входной величин. Для ДПТ запишем:

$$W_{ДПТ}(s) = \frac{\omega(s)}{U(s)} = \frac{k_{ДПТ}}{T_M T_{я} s^2 + T_M s + 1},$$

где $k_{ДПТ}$ – коэффициент передачи двигателя, T_M – электромеханическая постоянная времени двигателя, $T_{я}$ – электромагнитная постоянная времени якоря двигателя, U – напряжение якоря ДПТ, ω – угловая скорость вала ДПТ.

Электромеханическая постоянная времени двигателя выражается по формуле

$$T_M = \frac{J R_{я} \omega_{ном}^2}{P_{ном}^2},$$

где $R_{я}$ – сопротивление якоря ДПТ, J – момент инерции ротора ДПТ, $P_{ном}$ – номинальная мощность ДПТ, $\omega_{ном}$ – номинальная угловая скорость.

Электромагнитную постоянную времени якоря двигателя находится с формулой:

$$T_{я} = \frac{L_{я}}{R_{я}},$$

где $L_{я}$ – индуктивность обмотки якоря.

Индуктивность обмотки якоря:

$$L_{я} = \frac{\gamma U_{ном}}{\rho I_{ном} \omega_{ном}},$$

где γ – коэффициент, учитывающий исполнение двигателя, ρ – число пар полюсов ДПТ, $U_{ном}$ – номинальное напряжение, $I_{ном}$ – номинальный ток.

Выходной величиной является угол поворота вала двигателя, $\theta(s)$ – изображение угла поворота вала двигателя, передачная функция имеет вид:

$$W(S) = \frac{k_{\text{ДПТ}}}{S(T_M S + 1)}.$$

Получаем блок $W_{\text{ДПТ}}(S)$:

$$W_{\text{ДПТ}}(S) = \frac{\theta(S)}{U(S)} = \frac{k_{\text{ДПТ}}}{S(T_M S + 1)}.$$

Передаточная функция объекта определяется отношением выходной величины к входной:

$$W_{\text{об}}(S) = \frac{x(S)}{w(S)}.$$

В уравнении (9) все, что связано с напряжением на ДПТ, переносим влево, а остальную часть вправо. Линейное перемещение и угол свяжем формулой $\theta = \frac{180}{\pi R^2} x$.

$$J_{\text{ДПТ}} \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} = \left(\frac{180(m_{\text{рем}} + m_{\text{плат}}) \cdot l^2 + 360J_{\text{з.к}} + 180J_{\text{вал ДПТ}}}{\pi R} \right) \cdot \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + \left(\frac{180 \cdot (k_{\text{тп}} + k_{\text{ЭДС ДПТ}})}{\pi R} + \frac{f_{\text{тр п.п}}}{\sin \alpha_{\text{к}}} \right) \cdot \frac{dx(t)}{dt} + mgk_{\text{тр}} l x(t).$$

Для получения передаточной функции из дифференциального уравнения (9) перейдем от оригиналов к изображениям, используя преобразование Лапласа:

$$\frac{d^2 x(t)}{dt^2} = Y(S)S^2; \frac{dx(t)}{dt} = Y(S)S; x(t) = Y(S); \frac{d\omega(t)}{dt} = X(S)S.$$

Уравнение (9) принимает вид:

$$J_{\text{ДПТ}} X(S)S = \left(\frac{180(m_{\text{рем}} + m_{\text{плат}}) \cdot l^2 + 360J_{\text{з.к}} + 180J_{\text{вал ДПТ}}}{\pi R} \right) (S)S^2 + \left(\frac{180 \cdot (k_{\text{тп}} + k_{\text{ЭДС ДПТ}})}{\pi R} + \frac{f_{\text{тр п.п}}}{\sin \alpha_{\text{к}}} \right) Y(S)S + mgk_{\text{тр}} l Y(S).$$

Уравнение передаточной функции объекта:

$$W_{\text{об}}(S) = \frac{J_{\text{ДПТ}} S}{(180(m_{\text{рем}} + m_{\text{плат}}) \cdot l^2 + 360J_{\text{з.к}} + 180J_{\text{вал ДПТ}})S^2 + \left(\frac{180 \cdot (k_{\text{тп}} + k_{\text{ЭДС ДПТ}})}{\pi R} + \frac{f_{\text{тр п.п}}}{\sin \alpha_{\text{к}}} \right) S + mgk_{\text{тр}} l}.$$

(10)

Выведем передаточную функцию всей системы. Схема передаточной функции системы представлена на рис. 2.

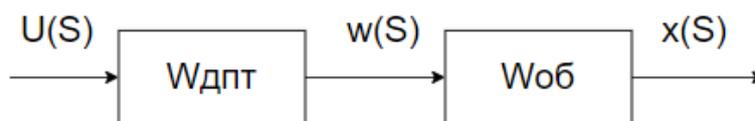


Рис. 2. Схема передаточной функции системы

Передаточная функция всей системы:

$$W_{\text{сис}}(S) = W_{\text{дпт}}(S) \cdot W_{\text{об}}(S),$$

$$W_{\text{сис}}(S) = \frac{k_{\text{дпт}}}{S(T_m S + 1)} \times$$

$$\times \frac{J_{\text{дпт}} S}{(180(m_{\text{рем}} + m_{\text{плат}})l^2 + 360J_{\text{з.к}} + 180J_{\text{вал дпт}})S^2 + \left(\frac{180(k_{\text{тп}} + k_{\text{эдс дпт}})}{\pi R} + \frac{f_{\text{тр п.п}}}{\sin \alpha_k} \right) S + mgk_{\text{тр}} l} =$$

$$= \frac{J_{\text{дпт}} k_{\text{дпт}}}{(180(m_{\text{рем}} + m_{\text{плат}})l^2 + 360J_{\text{з.к}} + 180J_{\text{вал дпт}})S^2 + \left(\frac{180(k_{\text{тп}} + k_{\text{эдс дпт}})}{\pi R} + \frac{f_{\text{тр п.п}}}{\sin \alpha_k} \right) S + mgk_{\text{тр}} l} (T_m S + 1).$$

Для передвижения лидача используется линейная направляющая SNR АХС120Z, которая может обеспечить плавное перемещение.

Подберем двигатель постоянного тока с оптимальными характеристиками, с помощью которого будет приводиться в движение линейная направляющая и лидар:

$$M_{\text{дпт}} = J \cdot \varepsilon, \quad \varepsilon = \frac{U_{\text{ном}}}{T},$$

где T – время разгона двигателя системы.

Данным двигателем является двигатель постоянного тока FH6PE40N-D3, также учтем массу лидача HOKUYO UTM-30LX-EW ($m_{\text{л}} = 0,21$ кг) и массу каретки линейной направляющей ($m_{\text{к}} = 6,4$ кг).

Характеристики двигателя:

$$P_{\text{ном}} = 40 \text{ Вт}, \quad U_{\text{ном}} = 24 \text{ В}, \quad I_{\text{ном}} = 3,1 \text{ А}, \quad k_{\text{дпт}} = 0,3, \quad K_{\text{тр}} = 0,6, \quad m_{\text{дпт}} = 0,7 \text{ кг}.$$

В качестве силового преобразователя для управления данного двигателя был взят драйвер FHD640PD3. В свою очередь драйвер управляется микроконтроллером STM32F4DISCOVERY. Данный микроконтроллер включает в себя встроенный инструмент отладки ST-LINK/V2-A, один цифровой акселерометр ST-MEMS, светодиоды, кнопки и разъем USB OTG Micro-AB.

Заключение

В работе описан 3D-сканер на основе лидача HOKUYO UTM-30LX-EW, линейной направляющей SNR АХС120Z и микроконтроллера STM32F4DISCOVERY. Приведены его составляющие, структурная схема, рас-

чет скорости и ускорения, расчет дифференциального уравнения и передаточной функции. Данный 3D сканер имеет следующие характеристики:

1. Оптимальная скорость съемки 3D-кадра – 75 секунд/кадр.
2. Угол сканирования (по вертикали) – не менее 270 градусов.
3. Ширина сканирования (по горизонтали) – 3 м.
4. Глубина сканирования (по горизонтали) – 30 м.

Список использованных источников и литературы

1. Патент на полезную модель № 167050 U1 Российская Федерация, МПК G01B 15/00, G01B 11/25. Сборный 3D-сканер для учебных целей : № 2015116092/28 : заявл. 28.04.2015 : опубл. 20.12.2016 / А. А. Щенников, А. Н. Новиков, А. В. Фирсов [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет дизайна и технологии».

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020612997 Российская Федерация. Программа для исследования методов обнаружения и определения положения объектов по облакам точек : № 2020612043 : заявл. 26.02.2020 : опубл. 06.03.2020 / А. М. Корсаков, Д. Н. Степанов ; заявитель Федеральное государственное автономное научное учреждение «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» (ЦНИИ РТК).

M. N. Vakhrusheva, student;

*S. A. Trefilov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
Kalashnikov Izhevsk State Technical University*

3D scanner based on lidar and linear guide

Currently the most popular type of scanning is 3D scanning. There is a great need for 3D scanning in such areas as the production of industrial equipment, construction and design of engineering systems, medicine and prosthetics, museology and cultural studies, etc. The article presents the development of a 3D scanner based on lidar and a linear guide. This scanner is designed to scan industrial products and obtain their 3D models. This work presents a block diagram of the scanner, a description of its components, the principle of operation, the calculation of maximum speed and acceleration to ensure maximum resolution, the calculation of the differential equation and the transfer function of the system.

Keywords: 3D scanner, lidar, scanning, laser, linear guide.

В. Д. Владимиров, студент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова,
snoubord.fly.2000.11.25@mail.ru

И. Е. Гусаров, инженер, Удмуртский федеральный исследовательский центр
УрО РАН

А. И. Калугин, канд. физ.-мат. наук, Удмуртский федеральный исследовательский
центр УрО РАН

Объектив для матричного фотоприемника

Рассмотрены основные области применения матричных фотоприемников. Рассмотрены особенности устройства матричного фотоприемника, заключающиеся в наличии некоторого расстояния между элементами фотоприемника. Показан принцип формирования слепых пятен, образующихся на межэлементном пространстве в матричном фотоприемнике. Приведены основные методы уменьшения зоны слепых пятен, в том числе использование методов повышения разрешающей способности. Рассмотрена принципиальная схема формирования изображения однолинзовым объективом. Показаны недостатки такой системы, приведено соотношение для расчета размера слепых пятен оптической системы. Разработана оптическая схема объектива для матричного фотоприемника, включающая в себя растровые оптические элементы и оптоволоконные кабели. Рассмотрено применение разработанной схемы для выбранного фотоприемника. Показано уменьшение слепых зон фотоприемника, а также увеличение его разрешающей способности.

Ключевые слова: матричный фотоприемник, объектив, оптоволоконно, разрешающая способность.

Введение

Матричные фотоприемники нашли свое применение в камерах мобильных телефонов, автомобилей, медицинских приборов, приборов технического зрения, системах лазерного сканирования и многих других областях. Благодаря таким свойствам, как высокое качество изображения, высокое быстродействие (максимальное количество кадров в секунду) и высокое разрешение, в последние десятилетия наблюдается бурное развитие систем лазерного видения, в которых часто применяются матричные фотоприемники [1]. Для построения изображения с заданными разрешением и угловым полем зрения требуется использование специальных объективов, формирующих изображение в плоскости матричного фотоприемника. Так как фотоприемник представляет собой набор пространственно разделенных фотоэлементов, то и получаемое изображение состоит из набора точек, соответствующих отдельным участкам наблюдаемой области пространства [2]. Отсюда возникает основной недостаток таких систем, заключающийся в возникновении слепых зон в межэлементных промежутках.

Развитие микроэлектронной техники привело к тому, что размеры фотоэлемента и расстояние между ними уменьшились до десятков микрон. Поэтому при сравнительно небольших расстояниях до наблюдаемой области пространства размеры слепых зон пренебрежимо малы. Однако при увеличении расстояния до зондируемой области величина слепых зон также растет и может приводить к существенной потере информации.

Существует несколько способов решения данной проблемы. Одним из них является выбор матричного фотоприемника с меньшим расстоянием между фотоэлементами, но такие фотоприемники обычно оказываются дороже. К другим способам решения проблемы можно отнести методы повышения разрешающей способности [3, 4], но такие методы предусматривают использование дополнительных матричных фотоприемников или микроактюаторов, а также усложняют обработку полученной информации, что включает применение простейшей одномерной интерполяции для формирования окончательного изображения.

В связи с этим разработка объективов, которые будут учитывать особенности устройства матричного фотоприемника, является актуальной задачей.

Целью данной работы является разработка объектива для матричного фотоприемника, который будет компенсировать межэлементное пространство фотоприемника, тем самым уменьшая размер слепых зон.

Основная часть

Рассмотрим способ получения изображения для матричного фотоприемника. Для простоты будем считать, что используемый объектив состоит из одной линзы. В данном случае нас будут интересовать такие параметры, как:

- 1) диаметр входного зрачка, который будет определять величину энергии принимаемого излучения;
- 2) поле зрения оптической системы, которое определяет углы, под которыми излучение попадает в объектив;
- 3) разрешающая способность матричного фотоприемника, от которой зависит количество разрешаемых точек изображения предмета.

Размер изображения y' , заднее фокусное расстояние объектива f' и угол поля зрения объектива ω' связаны следующим соотношением:

$$2f' = \frac{2y'}{\operatorname{tg}(\omega')}, \quad (1)$$

где $2y'$ – размер активной зоны матричного фотоприемника; ω' – угол поля зрения объектива (рис. 1).

Как видно из формулы (1), в случае объектива, состоящего из одной линзы, при увеличении поля зрения системы и при уменьшении размеров фотоприемника фокусное расстояние объектива будет уменьшаться, а значит, будет уменьшаться и максимальный диаметр объектива, что приведет к уменьшению энергии получаемого сигнала.

Кроме того, при использовании такого объектива будут появляться слепые зоны в сканируемом пространстве, как это показано на рис. 2.

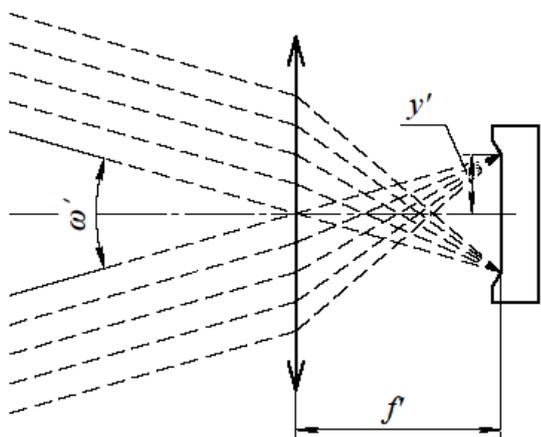


Рис. 1. Схема хода лучей

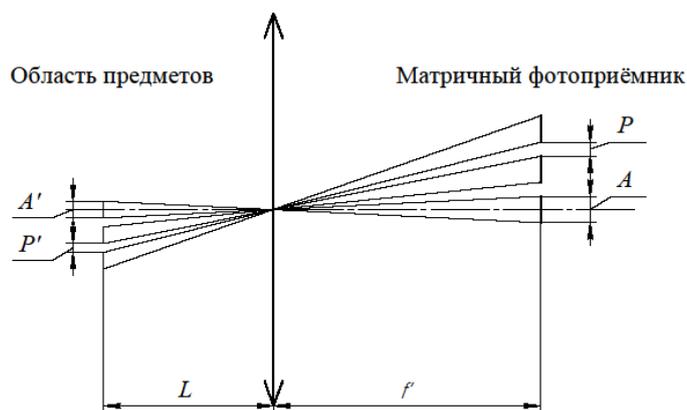


Рис. 2. Схема получения изображения: P – расстояние между фотоэлементами, A – размер активной зоны фотоэлемента, P' – слепая зона, A' – сканируемая зона, L – расстояние до области предметов

На рис. 2 область пространства предметов A' будет создавать изображение A , соответствующее размеру активной зоны фотоэлемента. То же самое можно сказать и о слепой зоне P' , изображением которой будет являться область P , размер d которой равен расстоянию между фотоэлементами приемника. Исходя из рис. 1, размер d' слепой зоны P' будет определяться по следующей формуле:

$$d' = \frac{d}{f'} L.$$

Таким образом, размер слепых пятен пропорционально увеличивается с расстоянием до области сканирования и на больших расстояниях (порядка 5 км) может достигать сотен метров, что часто является недопустимым.

Для решения данной проблемы был разработан объектив, оптическая схема которого изображена на рис. 3.

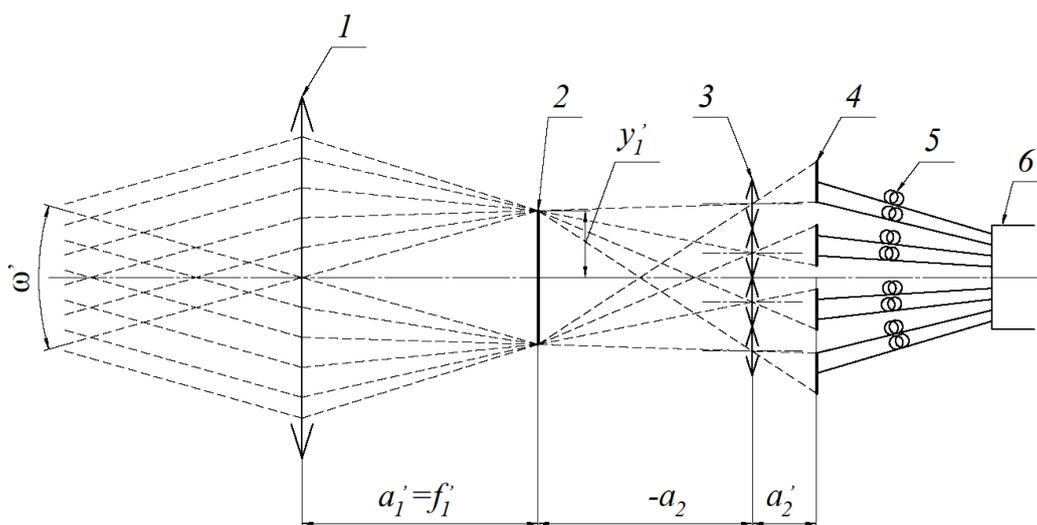


Рис. 3. Оптическая схема установки: 1 – фокусирующий объектив, 2 – промежуточное изображение, 3 – линзовый растр, 4 – плоскость промежуточных изображений, 5 – оптоволоконно, 6 – матричный фотоприёмник

Данный объектив включает в себя фокусирующую оптическую систему 1, которая создает промежуточное изображение 2 таким образом, чтобы поле зрения системы составляло угол ω' . После ставится линзовый растр 3, состоящий из линз с фокусным расстоянием f_2' , который разбивает промежуточное изображение на дискретный ряд изображений 4, идентично копирующих промежуточное. В плоскости полученных изображений расположены оптоволоконна 5 таким образом, чтобы каждый оптоволоконный кабель выделял отдельную часть изображения. После чего сигнал по волокну попадает на активную зону фотоэлемента. При этом оптоволоконно стыкуется с матричным фотоприемником так, чтобы выход волокна располагался напротив активной области фотоэлемента.

Данная схема позволяет компенсировать межэлементное расстояние в матричном фотоприемнике и добиться уменьшения размера слепых пятен, однако полностью избавиться от них невозможно. Слепые пятна будут формироваться в результате деления изображения оптоволоконном на отдельные части, но оптоволоконно имеет внешнюю оболочку, из-за которой невозможно разместить сердцевинки близко друг к другу. Кроме того данная схема накладывает ограничение на выбор матричного фотоприемника, потому что межэлементное расстояние в матричном фотоприемнике должно быть не меньше диаметра оболочки волокна, чтобы существовала возможность стыковки волокна и матричного фотоприемника.

Рассмотрим матричный фотоприемник FCI-InGaAs-16M, состоящий из 16 фотоэлементов размером $a = 70$ мкм и расстоянием между фотоэлементами $d = 250$ мкм. В случае использования однолинзового объектива с полем зрения в 12° на расстоянии 5 км будут получаться слепые зоны $d' = 108$ м.

В случае использования разработанной оптической схемы необходимо использовать 16 оптоволоконных кабелей с радиусом сердцевинки $r = 31,25$ мкм и диаметром оболочки $D = 245$ мкм. Оптоволоконна выбираются с максимальным диаметром сердцевинки с целью уменьшения потерь энергии на недействительных участках оболочки волокна. Входная оптическая система 1 будет обеспечивать необходимое поле зрения в 12° , а линзовый растр, состоящий из четырех линз, формирует четыре копии изображения, причем волокно размещается в плоскости изображений так, как это показано на рис. 4.

Как видно на рис. 4, оптоволоконно размещено таким образом, чтобы уменьшить размер слепых зон до минимума. Горизонтальная штриховка обозначает размер области недействующего изображения. Образованное при этом суммарное изображение 5 показывает, что слепые зоны остаются, но они значительно меньше, чем при использовании схемы без оптоволоконна. Для сравнения под цифрой 6 представлено изображение, получаемое фотоприемником без использования волокна. Так, для схемы с оптоволоконном отношение используемой части изображения к общей площади изображения составляет 0,8, тогда как без использования волокна это же соотношение составляет 0,23, что показывает увеличение разрешающей способности оптической системы. При этом важно отметить, что размер слепых зон быстро уменьшается по мере приближения к середине изображения. Так, на краю изображения слепые зоны могут достигать 60 м, но при приближении к середине изображения на половину радиуса сердцевинки волокна слепые зоны уменьшаются до 2 метров, а в середине изображения отсутствуют совсем.

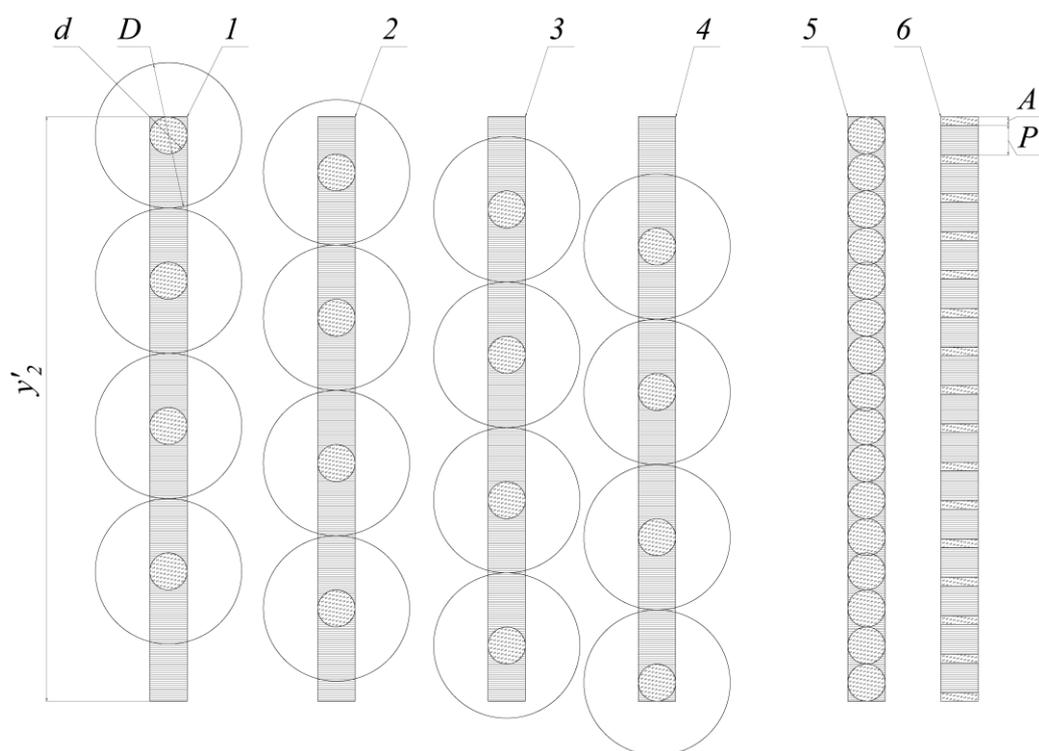


Рис. 4. Схема размещения торцов волокна в плоскости изображений (y'_2 – размер изображения, полученного растром; 1, 2, 3, 4 – плоскость первого, второго, третьего и четвертого изображений соответственно; 5 – суммарное изображение; 6 – изображение, получаемое без использования раstra)

Заключение

В данной работе рассмотрены методы получения изображения с использованием матричного фотоприемника. Разработана оптическая схема, позволяющая компенсировать межэлементное расстояние в матричном фотоприемнике. Удалось добиться уменьшения слепых зон фотоприемника, а также увеличить его разрешающую способность. Кроме того, существует возможность улучшения данной оптической схемы, для этого необходимо использовать микролинзы, расположенные на фотоэлементах, благодаря чему можно устранить ограничение по выбору матричного фотоприемника.

Список использованных источников и литературы

1. Сафонов, А. Матричные КМОП-фотоприемники: современное состояние и перспективы развития // Электроника НТБ. – 2019. – № 2. – С. 140–154. – DOI: 10.22184/1992-4178.2019.183.2.140.154.
2. Горбачёв, А. А. Твердотельные матричные фотопреобразователи и камеры на их основе / А. А. Горбачёв, В. В. Коротаев, С. Н. Ярышев. – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2013. – 98 с.
3. Дрынкин, В. Н. Метод повышения разрешающей способности изображений / В. Н. Дрынкин, Т. И. Царева // Цифровая обработка сигналов. – 2014. – № 3. – С. 9–15.
4. Патент № 2143789 С1 Российская Федерация, МПК H04N 5/335, H04N 5/225. Способ получения телевизионных изображений высокой четкости в камере на обычных ПЗС и устройство для реализации этого способа : № 98102201/09 : заявл. 23.01.1998 : опубл. 27.12.1999 / Л. С. Виленчик, И. Н. Курков, А. И. Разин, Я. Б. Розвал ; заявитель Московское конструкторское бюро «Электрон».

V. D. Vladimirov, student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University,
snoubord.fly.2000.11.25@mail.ru

I. E. Gusarov, engineer, Udmurt Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

A. I. Kalugin, Ph.D, Udmurt Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Lens for matrix photodetector

The main areas of application of matrix photodetectors are considered. The features of the matrix photodetector device are considered, consisting in the presence of a certain distance between the elements of the photodetector. The principle of formation of blind spots formed on the interelement space in a matrix photodetector is shown. The main methods of reducing the blind spot zone, including the use of methods to increase the resolution, are given. A schematic diagram of image formation by a single-lens optical system is considered. The disadvantages of such a system are shown, the ratio for calculating the size of blind spots of the optical system is given. An optical scheme of the lens for a matrix photodetector has been developed, which includes raster optical elements and fiber optic cables. The application of the developed scheme for the selected photodetector is considered. A decrease in the blind spots of the photodetector is shown, as well as an increase in its resolution.

Keywords: matrix photodetector, lens, optical fiber, resolution.

Л. А. Гарифьянова, бакалавр, liana_garifianova@mail.ru
Е. М. Микрюкова, ст. преподаватель
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Сравнение различных материалов труб для наружных систем водоснабжения

Выбор труб требует профессиональных знаний, умений оценивать свойства и особенности данных изделий. В конечном итоге, выбор не сводится только к подбору длины и диаметра трубопровода, необходимо также учитывать физико-механические свойства с учетом периода использования трубопроводной системы и негативного опыта прошедших лет. Тем самым выбор материала труб становится непростой задачей, требующей времени.

В данной статье обобщен опыт эксплуатации труб в системе наружного водоснабжения, описаны основные материалы труб и их характеристики, приводятся рекомендации по монтажу систем трубопроводов и необходимые условия для надежного транспортирования. В результате соблюдения указаний и рекомендаций данной статьи монтаж трубопроводов будет выполнен в соответствии с требованиями к наружным системам водоснабжения, установленными действующими СП, СанПиН и ГОСТ. Эта статья предназначена в целях ознакомления строительных компаний, специализирующихся в области водоснабжения и водоотведения.

Ключевые слова: классификация труб, металлические трубы, чугунные трубы, стальные трубы, неметаллические трубы, полиэтиленовые трубы (ПЭ), трубы из стеклопластика, железобетонные трубы, асбестоцементные трубы.

Введение

На сегодняшний день рынок предлагают огромный выбор ассортимента материалов для прокладки трубопроводов наружного водоснабжения. Когда встает необходимость в выборе материала, приходится учитывать такие характеристики, как гибкость, прочность, долговечность, стоимость и т. д., а найти эту информацию непросто. Поэтому целью данной статьи является систематизация и анализ материалов трубопровода [4].

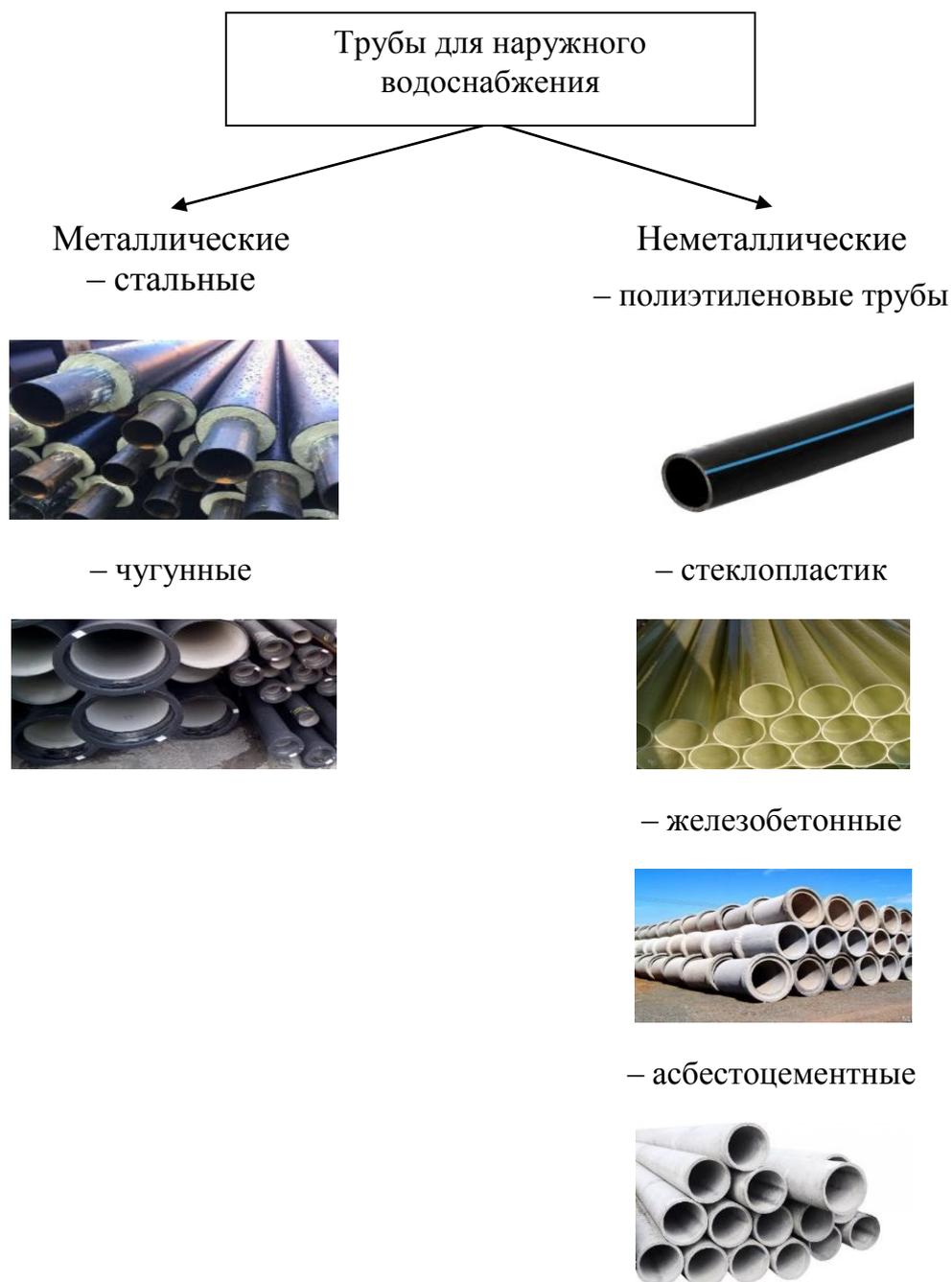
Сравнение различных материалов труб

Для наружного водопровода необходимо осуществить выбор между двумя типами труб: металлическими и неметаллическими [1].

В процессе эксплуатации трубопроводов были выявлены следующие характеристики [7]:

– прочность, т. е. способность сопротивляться внутренним и внешним нагрузкам (рис. 1);

- гладкость внутренних стенок (рис. 2);
- долговечность, т. е. длительный срок службы (рис. 3);
- морозоустойчивость (рис. 4);
- коэффициент линейного расширения (рис. 5);
- теплопроводность (рис. 6);
- удельный вес (рис. 7);
- плотность (рис. 8);
- экономичность является одним из показателей, который должен учитываться при подборе водопроводной сети (рис. 9).



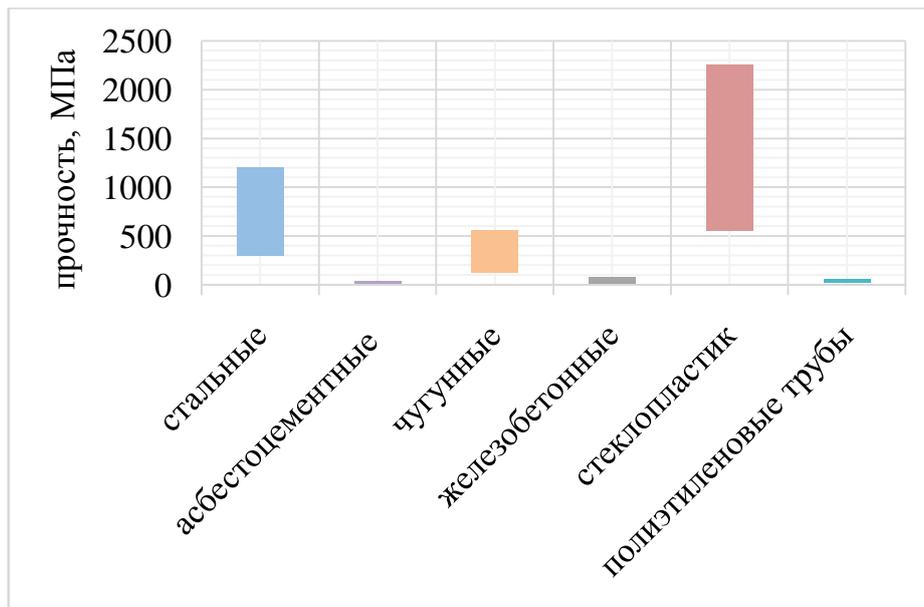


Рис. 1. Показатели прочности труб

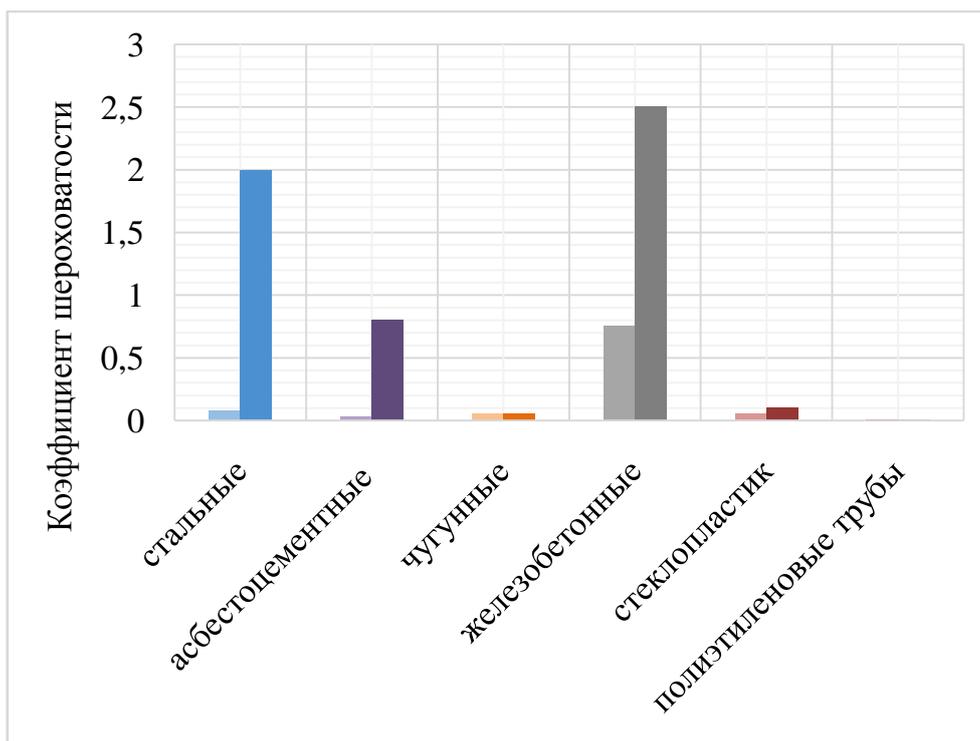


Рис. 2. Показатель коэффициента шероховатости. Первый столбец – показатель шероховатости для новых труб, второй столбец – для старых труб

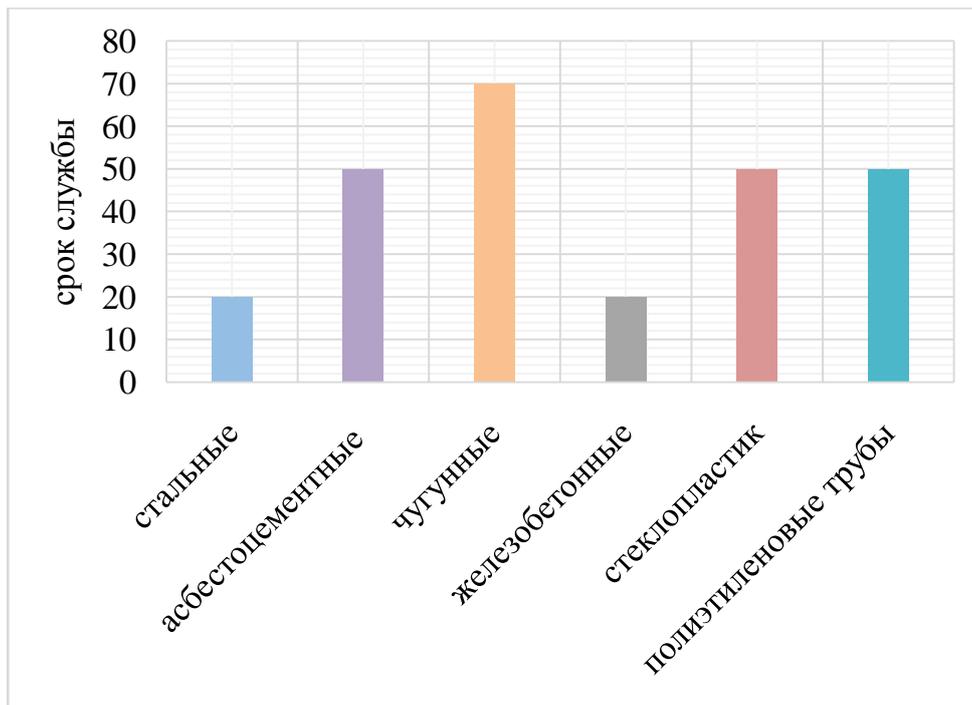


Рис. 3. Показатели срока службы труб

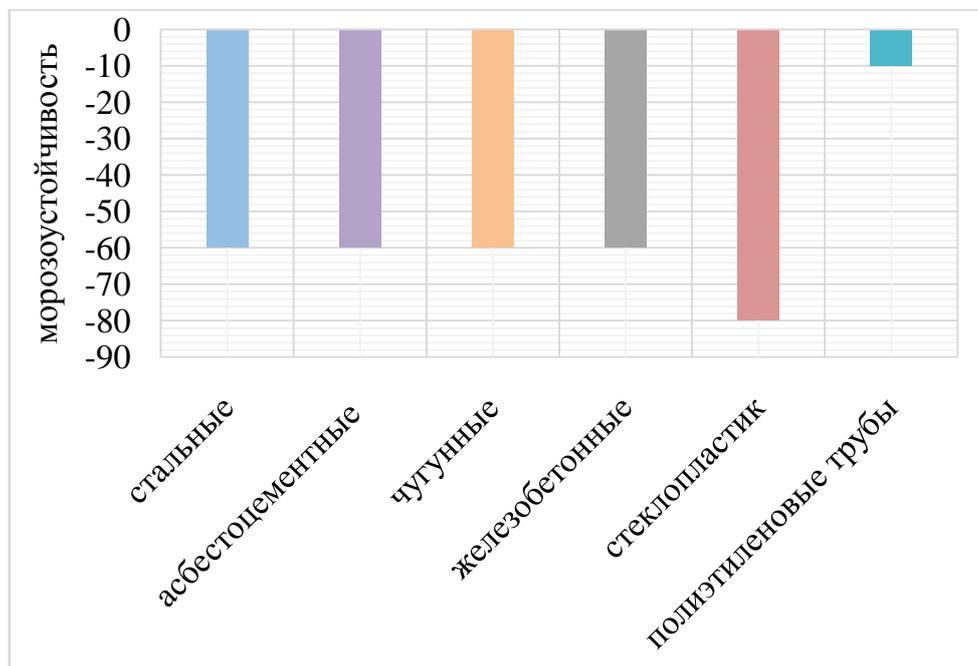


Рис. 4. Показатели морозоустойчивости

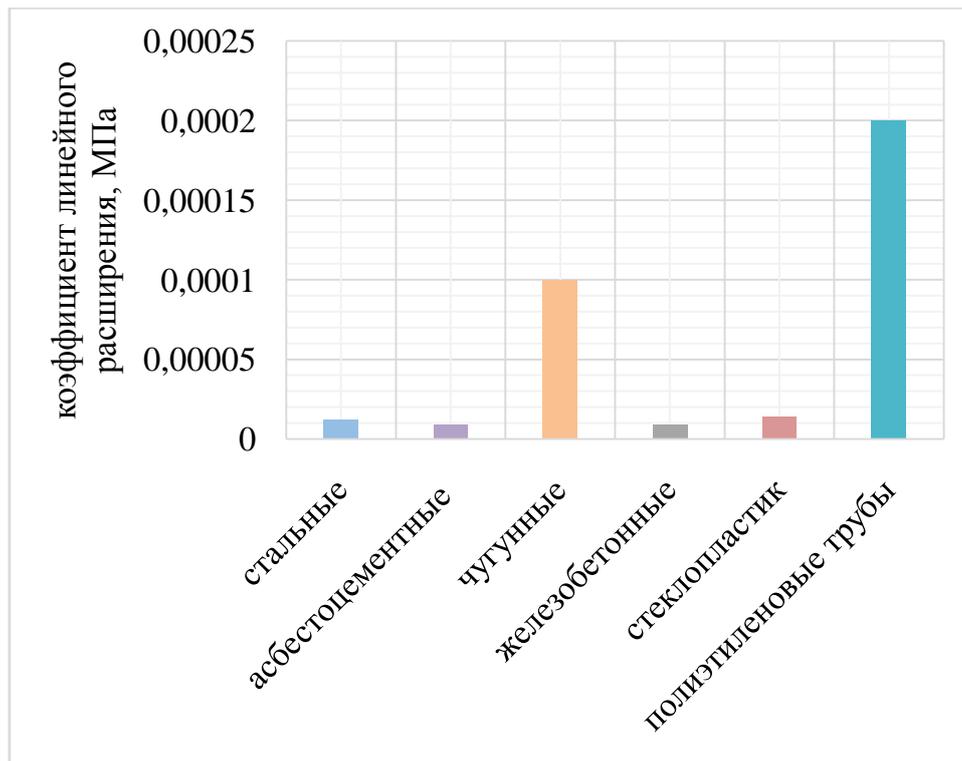


Рис. 5. Показатель коэффициента линейного расширения

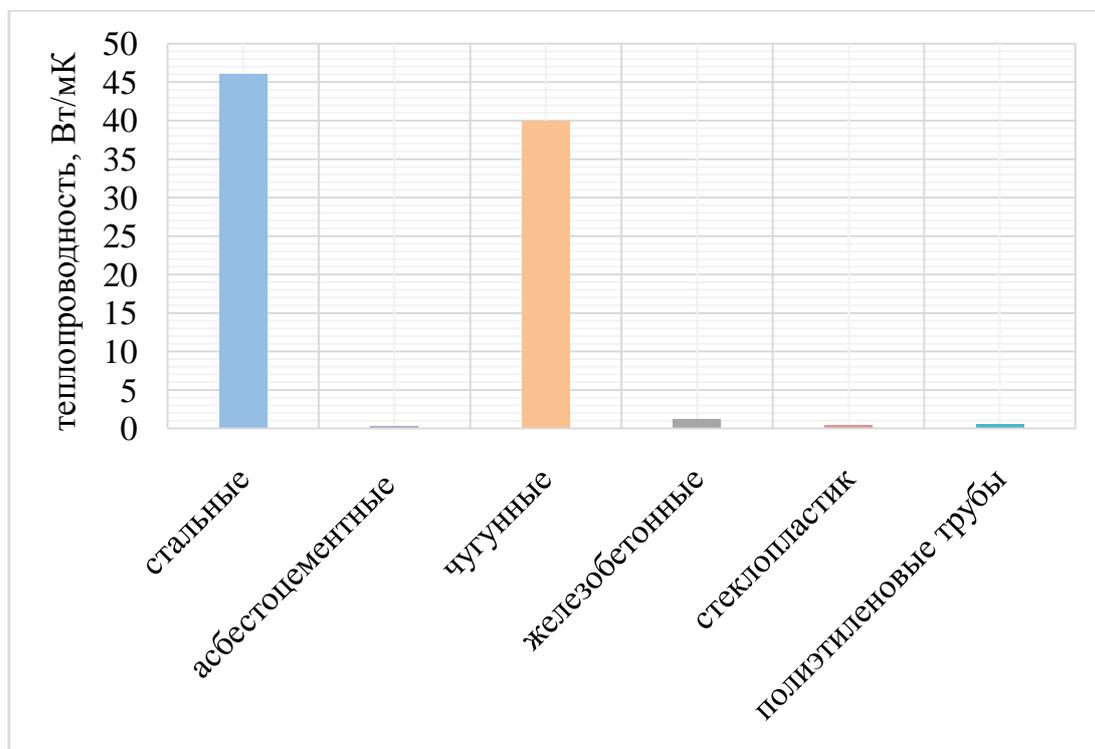


Рис. 6. Показатель теплопроводности

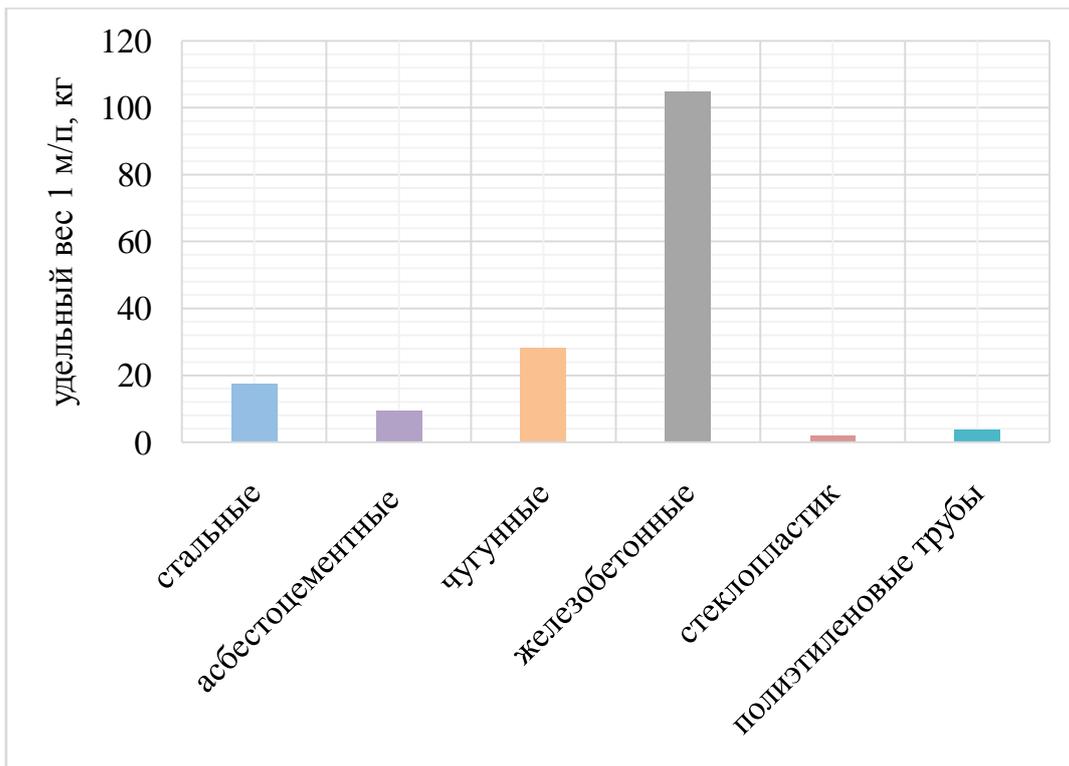


Рис. 7. Показатели удельного веса трубопроводов

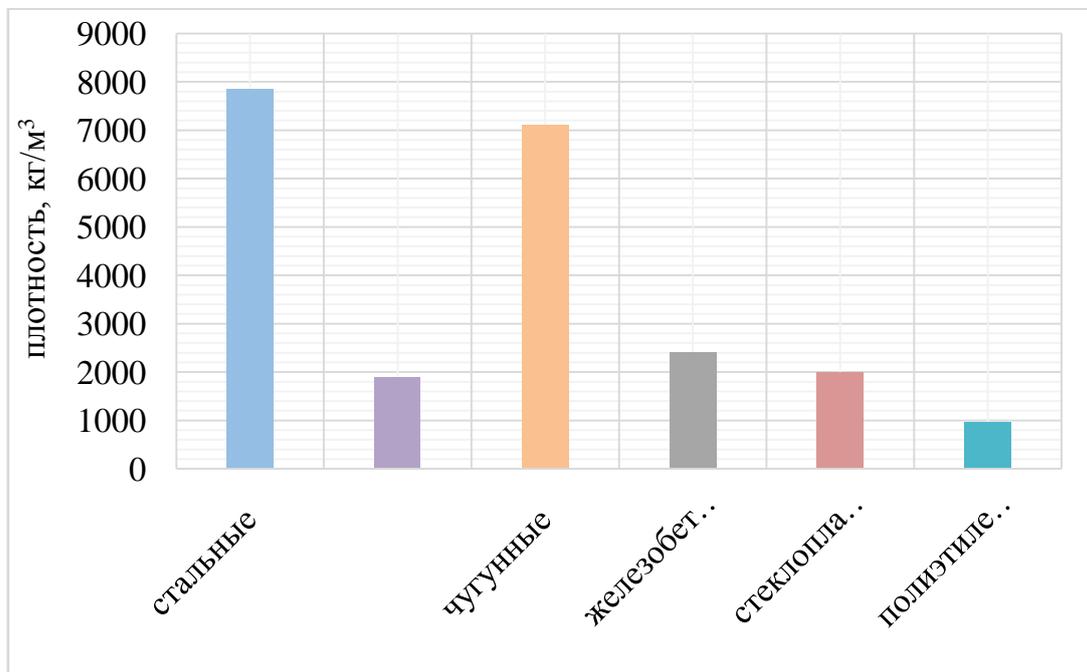


Рис. 8. Плотность трубопроводов

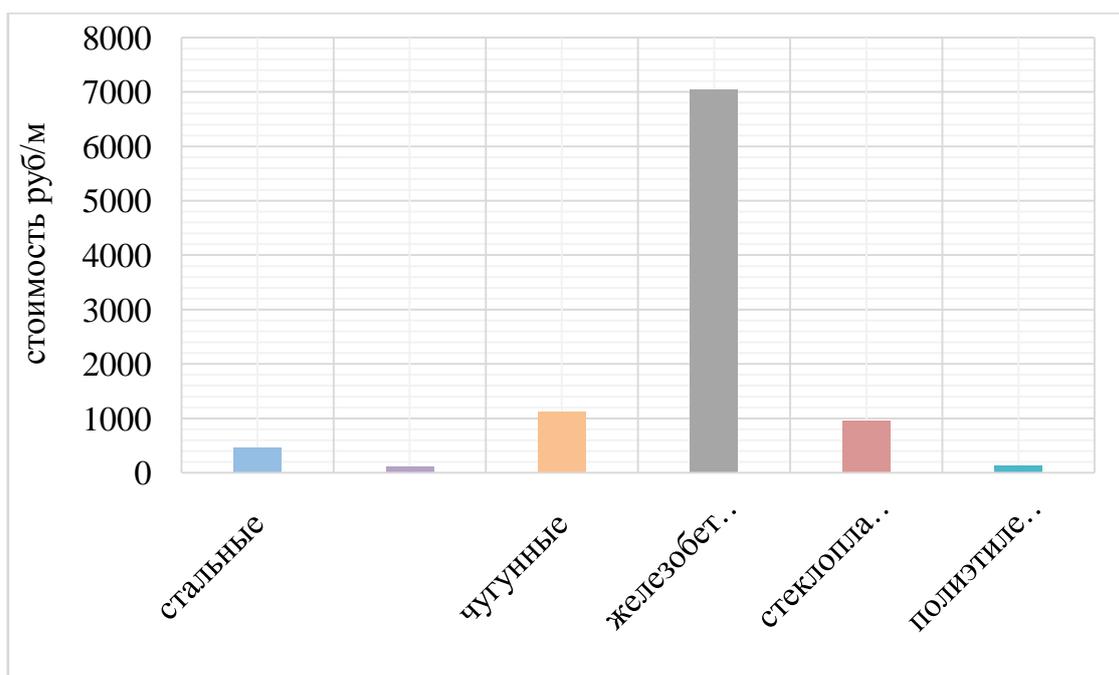


Рис. 9. Стоимость трубопроводов (цены действительны на 27.03.2022 г.)

Приведем характеристику трубопроводов для наружного водоснабжения по основным показателям (таблица).

Характеристика трубопроводов

Характеристики	Сталь	Асбестоцемент	ВЧШГ	Железобетон	Стеклопластик	Полиэтилен
Срок службы, лет	20	50	70	20	50	
Антикоррозионные свойства	Неустойчив. Рекомендуется дополнительная защита поверхности трубопровода	Не подвержен коррозии	По сравнению со сталью устойчив	Подвержен влиянию кислот, при оголении стальной арматуры быстро ржавеет и разрушается	Устойчив	
Упругость	Упругий в пределах пренебрежимо малой деформации	Неупругие			После снятия нагрузки при относительной деформации до 30 % восстанавливает первоначальную форму [5]	После снятия неразрушающей нагрузки возможна остаточная деформация

Характеристики	Сталь	Асбестоцемент	ВЧШГ	Железобетон	Стеклопластик	Полиэтилен
Удельный вес 1 м/п, $D_n=160$ мм, кг	17,5	9,4	28,1	104,9	1,8	3,71
Плотность, кг/м ³	7850	1900	7100	2400	2000	950
Коеф. линейного температурного расширения	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$0,9 \cdot 10^{-5}$	$10 \cdot 10^{-5}$	$0,9 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$20 \cdot 10^{-5}$
Теплопроводность, Вт/мК	46	0,35	40	1,28	0,4	0,6
Коефициент шероховатости	Новая/старая 0,075/2	Новая/старая 0,03/0,8	Новая/старая 0,05/0,05	Новая/старая 0,75/2,5	Новая/старая 0,05/0,1	Новая/старая 0,01/0,01
Устойчивость к блуждающим токам	Проводник	Диэлектрик	Проводник	Неустойчив	Диэлектрик	Диэлектрик
Перевозка и монтаж	Перевозка и монтаж, требует специального оборудования (ремни, прокладки, коники); соединение на резьбе, фланцах и сварке [6]	При перевозке трубы должны быть погружены в металлические стойки рядами и прочно зафиксированы ремнями; соединяются с помощью муфт	При перевозке трубы укладываются на два деревянных бруса, которые прочно закреплены к кузову машины, используют боковые коники, в целях стабилизации груза; соединяются раструбно-стыковым методом или при помощи хомутов	При перевозке машины должны быть оборудованы седлообразными подкладками, исключающими перемещение и соприкосновения труб между собой; соединение раструбное и стыковое	Перевозка не требует специального оборудования, одиночные трубы переносятся вручную, монтаж – при помощи стыковой сварки электромуфт [2]	

Характеристики	Сталь	Асбестоцемент	ВЧШГ	Железобетон	Стеклопластик	Полиэтилен
Герметичность соединений	При сварке труб качество герметичности зависит от профессионализма работника, оборудования и расходного материала; при использовании фитингов из полимеров недопустимость протечки обеспечивает уплотнительная резинка	Для обеспечения герметичности стыков необходимо их защитить специальной лентой. Ширина ленты составляет около 7 см. Необходимо также использовать герметизирующие материалы или при соединении фитингами – резиновое кольцо	Герметичность достигается с помощью герметика и профессионального подхода к монтажу	Гидроизоляцию обеспечивает битумная мастика и другие герметики	Для обеспечения герметичности в муфт предусматриваются уплотнительные резиновые кольца	
Устойчивость к воздействию химических соединений и активных веществ	Устойчив	Невосприимчив к воздействию агрессивных химических соединений	Неустойчив к воздействию органических кислот [3]	Неустойчив к воздействию кислот, щелочей и солей	Устойчив к воздействию химически активных сред	Высокая устойчивость к большинству химических соединений
Предел прочности, МПа	300–900	10–27	120–440	4,5–77	550–1700	20–38
Стоимость, руб/м	459	120	1120	7035	955	139

Вывод

В результате сравнения различных материалов труб для наружной водопроводной сети по всем основным показателям, согласно таблице, можно сделать вывод, что идеальным материалом для проектирования и прокладки трубопровода являются стальные трубы.

Список использованных источников и литературы

1. *Вайцель, А. А.* Обзор методов изготовления металлических труб для водоснабжения и водоотведения / А. А. Вайцель, А. В. Гаврюхина, Е. Р. Сиренко // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 6. – С. 366–370.

2. Критерии выбора полимерных трубопроводов для систем водоснабжения и водоотведения / В. П. Верхотуров, А. В. Кудрявцев, Н. Д. Князев, Н. А. Черников // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 5 (76). – С. 153–159.

3. Дерюшев, Л. Г. О нормировании надежности труб и трубопроводов / Л. Г. Дерюшев, Ф. Х. Хай // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2015. – № 3. – С. 60–68.

4. Митрофанов, М. В. Выбор материала труб в системах водоснабжения // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – № 5-2 (38). – С. 209–216.

5. Панченко, В. В. Проектирование и строительство трубопровода / В. В. Панченко, М. Д. Третенко // Сборник статей. Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2022. – С. 308–310.

6. Подпорин, А. В. Использование стальных труб в системах водоснабжения Санкт-Петербурга / А. В. Подпорин, Л. И. Цветкова, Н. А. Черников // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 6 (77). – С. 252–256.

7. Примин, О. Г. Сравнительные характеристики труб для систем водоснабжения и водоотведения // Водоснабжение и канализация. – 2014. – № 3-4. – С. 94–103.

L. A. Garifyanova, student, liana_garifianova@mail.ru

E. M. Mikryukova, senior lecturer

Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

Comparison of Different Pipe Materials for Outdoor Water Supply Systems

The choice of pipes requires professional knowledge, skills to evaluate the properties and features of these products. Ultimately, the choice is not limited only to the selection of the length and diameter of the pipeline, it is also necessary to take into account the physical and mechanical properties, taking into account the period of use of the pipeline system and the negative experience of the past years. Thus, the choice of pipe material becomes a difficult task that requires time.

This article summarizes the experience of operating pipes in the outdoor water supply system, describes the main pipe materials and their characteristics, provides recommendations for the installation of pipeline systems and the necessary conditions for reliable transportation. As a result of compliance with the instructions and recommendations of this article, the installation of pipelines will be carried out in accordance with the requirements for outdoor water supply systems established by the current joint venture, SanPiN and GOST. This article is intended to familiarize construction companies specializing in the field of water supply and sanitation.

Keywords: classification of pipes, metal pipes, cast iron pipes, steel pipes, non-metallic pipes, polyethylene pipes (PE), fiberglass pipes, reinforced concrete pipes, asbestos cement pipes.

С. А. Девятериков, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Механика»,
sdtmitmm@yandex.ru

Э. Г. Крылов, д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц.,
проф. кафедры «Механика», 649526@mail.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Наличие кривошипа в плоском четырехзвенном механизме третьей модификации с внутренней поступательной кинематической парой

Рассмотрен вопрос о проворачиваемости звеньев в четырехзвенном кулисном механизме, который приходится решать при его метрическом синтезе. Получены условия наличия кривошипа при различных сочетаниях длин звеньев, определены предельные углы положения кулисы.

Ключевые слова: кулисный механизм, метрический синтез, кривошип, длины звеньев, крайние положения.

Согласно принципу образования рычажных механизмов по Л. В. Ассуру, плоский четырехзвенный механизм можно получить присоединением к начальному механизму, включающему стойку и начальное звено структурной группы второго класса, так называемой диады.

Присоединение к начальному механизму диады третьей модификации с внутренней поступательной кинематической парой (рис. 1) позволяет получить кулисный механизм, показанный на рис. 2. Он используется для изменения параметров вращательного движения.

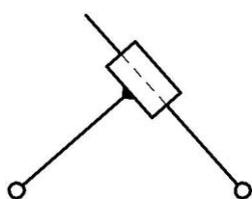


Рис. 1. Группа Ассура 2-го класса
3-го вида

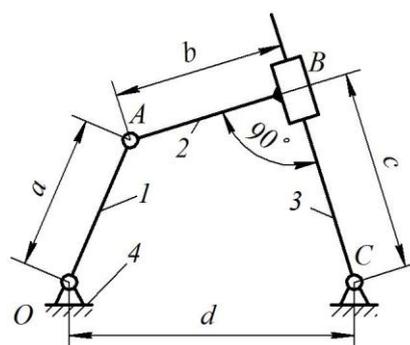


Рис. 2. Четырехзвенный кулисный
механизм

Частным случаем рассматриваемого механизма является кривошипно-кулисный механизм, показанный на рис. 3. В зависимости от соотношения длин звеньев можно получить механизм как с качающейся, так и с вращающейся кулисой.

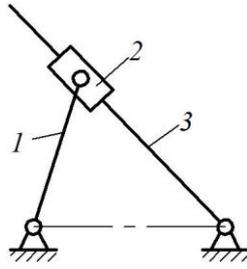


Рис. 3. Кривовипно-кулисный механизм

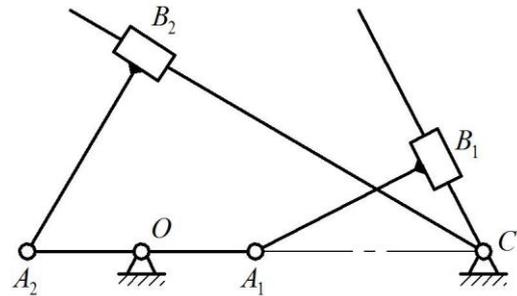


Рис. 4. Наличие кривошипа в механизме при $a < d$

Синтез механизмов именно этого типа четырехзвенника достаточно полно рассмотрен в литературе [1–4], при этом вопрос о наличии кривошипа не стоит.

Однако для структурной схемы, показанной на рис. 2, проворачиваемость звена 1 требует специального исследования, результатом которого является определение условия наличия кривошипа – важной кинематической характеристики при синтезе механизма.

Рассмотрим случай, когда длина звена 1 меньше расстояния между неподвижными шарнирами ($a < d$). На рис. 4 механизм показан в двух положениях, когда звено 1 параллельно неподвижному звену 4.

Из треугольника A_1B_1C

$$A_1C > A_1B_1 \text{ или } d - a > b. \quad (1)$$

Из треугольника A_2B_2C

$$A_2C > A_2B_2 \text{ или } d + a > b. \quad (2)$$

Если неравенство (1) выполняется, то неравенство (2) выполняется при любых размерах a, b и d .

То есть условие наличия кривошипа из уравнения (1) можно записать в виде

$$a + b < d. \quad (3)$$

При его выполнении получим **кривошипно-кулисный механизм с качающейся кулисой**, размах колебаний которой можно определить, рассмотрев крайние положения механизма при параллельных звеньях 1 и 2.

На рис. 5 показан механизм, у которого длина звена 1 меньше длины звена 2 ($a < b$).

Углу α_3 соответствует угол поворота кулисы $\gamma_3 = \gamma_{\min}$. Из треугольника OB_3C

$$\alpha_3 = \arccos \frac{b+a}{d},$$

тогда

$$\gamma_3 = \gamma_{\min} = 90^\circ + \alpha_3.$$

Углу α_4 соответствует угол поворота кулисы $\gamma_4 = \gamma_{\max}$. Из треугольника OB_4C

$$\alpha_4 = 180^\circ + \arccos \frac{b-a}{d},$$

тогда

$$\gamma_4 = \gamma_{\max} = 90^\circ + \arccos \frac{b-a}{d} = \alpha_4 - 90^\circ.$$

Размах колебаний кулисы

$$\gamma_{\max} - \gamma_{\min} = \arccos \frac{b-a}{d} - \arccos \frac{b+a}{d} = \alpha_4 - \alpha_3 - 180^\circ.$$

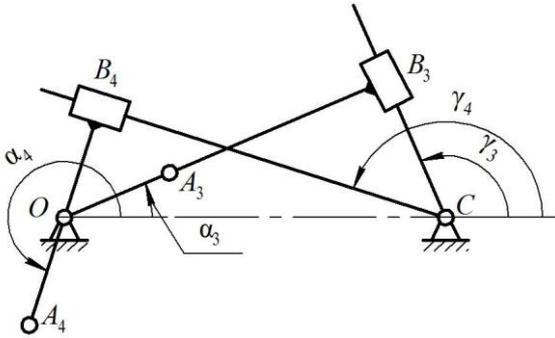


Рис. 5. Кривошипно-кулисный механизм с качающейся кулисой при $a < b$

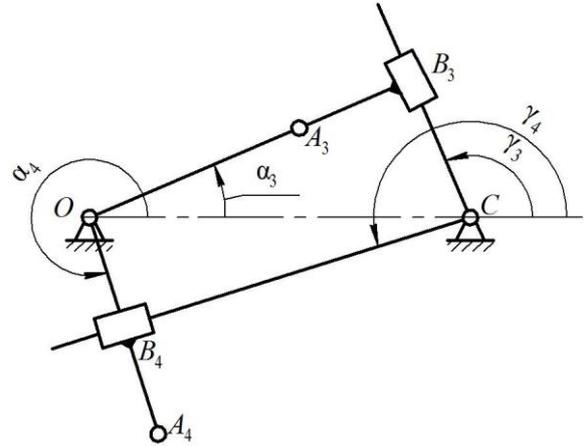


Рис. 6. Кривошипно-кулисный механизм с качающейся кулисой при $a > b$

Если длина звена 1 больше длины звена 2 (рис. 6), то формулы для определения α_3 и $\gamma_3 = \gamma_{\min}$ не изменяются, а углы α_4 и $\gamma_4 = \gamma_{\max}$ соответственно равны

$$\alpha_4 = 360^\circ - \arccos \frac{a-b}{d},$$

$$\gamma_4 = \gamma_{\max} = 270^\circ - \arccos \frac{a-b}{d} = \alpha_4 - 90^\circ.$$

Размах колебаний кулисы при этом

$$\gamma_{\max} - \gamma_{\min} = 180^\circ - \arccos \frac{a-b}{d} - \arccos \frac{a+b}{d} = \alpha_4 - \alpha_3 - 180^\circ.$$

В рассмотренных механизмах увеличение размера $a+b$ при прочих равных условиях увеличивает размах колебаний кулисы за счет уменьшения угла $\gamma_3 = \gamma_{\min}$. А увеличение длины звена 1 при условии $a+b = \text{const}$ приводит к увеличению и угла $\gamma_4 = \gamma_{\max}$, и размаха колебаний кулисы.

Для случаев, когда длина звена 1 больше расстояния между неподвижными шарнирами ($a > d$), покажем механизм в двух положениях, когда звено 1 параллельно неподвижному звену 4 (рис. 7).

Из треугольника A_1B_1C

$$A_1C > A_1B_1 \text{ или } a - d > b. \quad (4)$$

Из треугольника A_2B_2C

$$A_2C > A_2B_2 \text{ или } a + d > b. \quad (5)$$

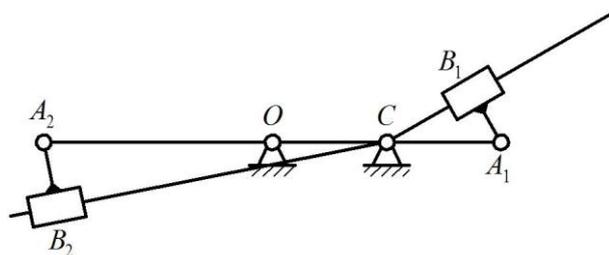


Рис. 7. Наличие кривошипа в механизме при $a > d$

Если неравенство (4) выполняется, то неравенство (5) выполняется при любых размерах a, b и d .

То есть условие наличия кривошипа из уравнения (4) можно записать в виде

$$a - b > d. \quad (6)$$

При его выполнении получим **кривошипно-кулисный механизм с вращающейся кулисой**.

Если условия (3) или (6) не выполняются, то кривошип отсутствует и механизм является коромыслово-кулисным.

Список использованных источников и литературы

1. Артоболевский, И. И. Синтез плоских механизмов / И. И. Артоболевский, Н. И. Левитский, С. А. Черкудинов. – Москва : Физматгиз, 1959. – 1084 с. – Текст : непосредственный.
2. Тимофеев, Г. А. Теория механизмов и машин: курс лекций / Г.А. Тимофеев. – Москва : Юрайт, 2010. – 315 с. – ISBN 978-9692-0244-3. – Текст : непосредственный.
3. Борисенко, Л. А. Теория механизмов, машин и манипуляторов: учеб. пособие / Л. А. Борисенко. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2011. – 285 с. – ISBN 978-985-475-430-7 (Новое знание); ISBN 978-5-16-004690-7 (ИНФРА-М). – Текст : непосредственный.
4. Задачи по теории механизмов и машин: практикум [Всероссийские и международные олимпиады по теории механизмов и машин. Конкурсные задачи с ответами и решениями] / З. С. Газизова, С. А. Девятериков, С. В. Езерская [и др.]. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2016. – 204 с. – ISBN 978-5-7526-0720-2. – Текст : непосредственный.

S. A. Devyaterikov

E. G. Krylov

Problem of Complete Revolution of the Input Crank in a Coplanar

Four-bar Linkage of the Third Modification with Internal Prismatic Kinematic Pair

The problem of complete revolution of links in a four-link coulisse mechanism is discussed. This is important for the dimensional synthesis of the mechanism. Conditions of presence of crank are obtained for different combinations of lengths of links; extreme toggle positions of the coulisse are determined.

Keywords: coulisse mechanism, dimensional synthesis, crank, lengths of links, toggle positions.

Э. В. Домрачева, студент, html210517@gmail.com
Ю. В. Ложкин, канд. техн. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Особенности проектирования детской игрушки на примере деревянного конструктора

Цель исследования – определить особенности и нюансы проектирования детской игрушки на примере деревянного конструктора. В статье рассматриваются вопросы роли игрушки в жизни ребенка, а в частности, детского деревянного конструктора. Выделяются и описываются характерные особенности существующих моделей деревянного конструктора, материала для изготовления игрушки, а также эргономические, экологические, технологические и эстетические требования. Научная новизна исследования заключается в разработке проекта детского деревянного конструктора – «Падающая» башня Arbol. В результате проанализированы и выделены оптимальные требования к детскому конструктору, разработаны дополнительные функции игрушки, которые придают ей уникальность и преимущество перед существующими аналогами. Выбраны и обоснованы соединения, цвет, форма деталей, материал для изготовления, защитно-декоративное покрытие. Разработан вариант упаковки конструктора.

Ключевые слова: детский конструктор; проектирование детской игрушки; особенности и преимущества конструктора.

Игрушки – это неотъемлемая часть жизни каждого ребенка в любом возрасте, поэтому они должны быть не только интересными, но и полезными, так как через игру малыш познает мир. Игрушки способствуют развитию воображения и самостоятельного мышления у детей младшего возраста, способствуют формированию активной деятельности, стимулируют самостоятельную деятельность и развивают мелкую моторику. Одна из самых популярных и эффективных развивающих игр – конструктор.

Конструктор не просто игрушка – это игровой материал, состоящий из модулей, которые способствуют развитию у детей таких навыков, как внимательность к деталям и усидчивость, а также развивают моторику рук и логическое мышление, память и фантазию. Подробнее можно ознакомиться с материалом патента Д. Л. Осятинского, С. М. Захарова «Конструктор» [6].

Австрийский инженер Йоганн (Ехан) Корбули в 1906 году одним из первых разработал конструктор из древесины «Matador» для своих детей (рис. 1).

В набор входят деревянные кубики, в которые дети могут играть, сохраняя при этом конструкции друг друга, так как деревянные брусочки разных размеров соединяются между собой деревянными стержнями, которые вставляются в отверстия кубов [2].

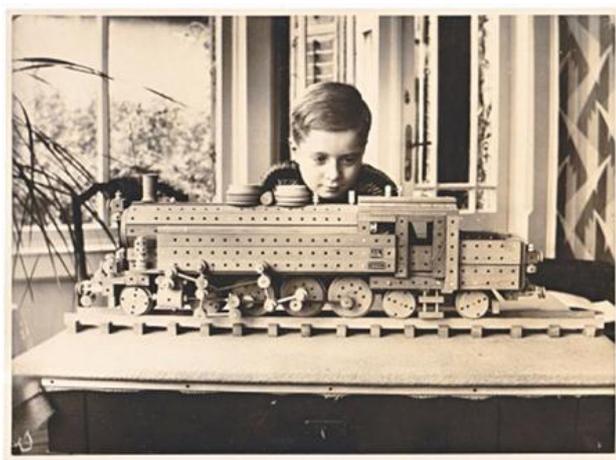


Рис. 1. Набор Matador 1930-х годов – паровоз

Современные аналоги детского деревянного конструктора представлены на рис. 2.



Рис. 2. Аналоги деревянного конструктора: *а* – конструктор со сборкой нескольких объектов; *б* – конструктор из фанеры; *в* – конструктор со сборкой одного объекта

Проектируя конструктор для детей, необходимо учитывать эргономические (размеры деталей в квадратном сечении не более 20 мм, в круглом сечении не более Ø20 мм), экологические (натуральные материалы), технологические (ограниченное разнообразие форм деталей, способы изготовления), эстетические требования (цветовое решение, форма детали) [4].

Особенности и преимущества разработанного конструктора – «Падающая» башня Arbol (с испанского «дерево»):

1. Сейчас в моде экологичность и натуральность, поэтому конструктор из натуральной древесины не нанесет вред здоровью ребенка.

2. Конструктор состоит из цилиндрических деталей и стержней, поэтому ребенок в процессе игры развивает одновременно несколько навыков, такие как мелкая моторика пальцев рук, самостоятельность, усидчивость, организованность. Помимо этого, он изучает форму и цвета, учится считать и развивает пространственное мышление и навыки конструирования. В случае если ему удалось создать задуманную фигуру, это повышает его уверенность в себе.

3. Модульность комбинаций. Элементы конструктора сделаны таким образом, что ребенок может собрать фигуру как по инструкции, так и по своему воображению (рис. 3).

4. Детали конструктора должны быть тщательно зашлифованы, не иметь сколов, зазубрин и острых углов.

5. Легкость конструкции и простота соединения деталей друг с другом позволяют ребенку самостоятельно собирать конструктор, что является очень важным моментом в процессе обучения ребенка.



a



б



в

*Рис. 3. Варианты сборки конструкций:
a – этапы сборки конструкции «мост»; б – поезд; в – самолет «кукурузник»*

Комплектация конструктора. Конструктор состоит из 5 разнообразных деталей: цилиндр высокий $\text{Ø}20 \times 40$ (мм) – 48 шт. (рис. 4, позиция 2), цилиндр низкий $\text{Ø}20 \times 20$ (мм) – 24 шт. (рис. 4, позиция 3), полуцилиндр – круговой сектор $40 \times 20 \times 10$ (мм) – 24 шт. (рис. 4, позиция 1), ось большая $\text{Ø}7 \times 60$ (мм) – 150 шт. (рис. 4, позиция 4), ось малая $\text{Ø} 7 \times 14$ (мм) – 200 шт. (рис. 4, позиция 5). Для дополнительной игры «падающая» башня в комплект входит кубик игральный $20 \times 20 \times 20$ (мм) (рис. 4, позиция 6) и 6 дисков с центральным отверстием (рис. 4, позиция 7) $\text{Ø}50$ (мм) размерами: $\text{Ø}6 \times 130$ (мм), $\text{Ø}6 \times 142$ (мм), $\text{Ø}6 \times 154$ (мм), $\text{Ø}6 \times 166$ (мм), $\text{Ø}6 \times 178$ (мм), $\text{Ø}6 \times 190$ (мм).

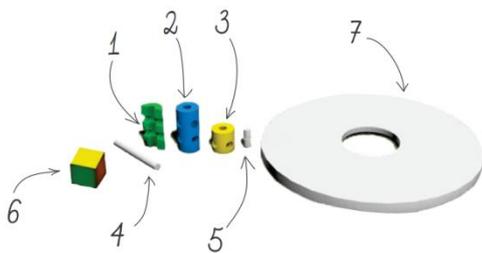


Рис. 4. Детали конструктора

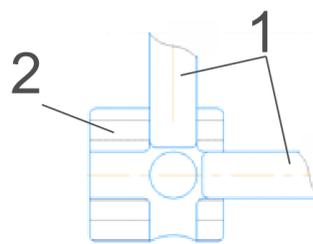


Рис. 5. Соединение деталей:
1 – ось большая; 2 – цилиндр низкий

Выбор соединения деталей. Высокий цилиндр, низкий цилиндр и полуцилиндр имеют сквозные отверстия $\varnothing 7$ (мм). Детали соединяются между собой при помощи цилиндра $\varnothing 7 \times 60$ (мм) и цилиндра с диском $\varnothing 7 \times 14$ (мм). Одинаковый диаметр отверстия и вала осуществляет посадку с натягом (рис. 5) – это позволяет деталям не выпадывать друг из друга, но при этом при небольшом усилии детали можно разъединить [1, с. 466]. Такое соединение простое и прочное, идеально подходит для того, чтобы ребенок 3–5 лет самостоятельно собирал конструктор.

Выбор материала для изготовления деталей. Для деталей конструктора были выбраны материалы – древесина березы ГОСТ 2695–83, АБС – пластик ГОСТ 33366.1–2015 (ISO 1043-1:2011). Для дисков был выбран материал – фанера березовая ФК сорт II ГОСТ 3916.1–2018.

Популярный современный тренд в области создания качественных игрушек – это использование древесины в качестве основного материала. Такой подход позволяет гарантировать безопасность ребенка при игре с экологически чистыми и полностью безопасными материалами.

Древесина березы – легко поддается резанию, пиленю, обработке вручную и на станках. Волокна у дерева расположены витиевато – создают красивый необычный узор.

АБС-пластик – полимер, обладает высокими показателями износостойкости, прочности; устойчивости к влаге, кислотам и маслам; не токсичен и долговечен. Детали имеют ровную блестящую или матовую поверхность [3].

Фанера березовая плотная, поэтому изделия из нее будут прочные. Береза легко обрабатывается, не крошится и не расслаивается при распиливании лобзиком. Березовая древесина также обладает более ровной текстурой.

Выбор защитно-декоративных покрытий. Для нанесения защитно-декоративного покрытия подходит универсальная краска для детских игрушек BIOFA 8005 на основе шеллака и воды. Краска не содержит вредных добавок. Она образует вакуумную поверхность, которая отталкивает грязь. Краска соответствует стандарту DIN EN 71.3 (поверхность детских игрушек) и DIN 53160 (устойчивость к поту и слюне). BIOFA 8005 имеет большую палитру цветов, которые можно смешивать друг с другом. Краску можно нанести кистью, окутанием детали, распылением или растиркой, подходит для покраски в барабане [5].

Выбор цвета. Психологи считают, что влияние цвета на психику и здоровье играет важную роль для ребенка. Учитывая, что конструктор разрабатывается для детей 3–5 лет, оптимальным вариантом будет использование чистых цветов, таких как красный, желтый, оранжевый, зеленый, голубой, розовый и белый (рис. 6), так как ребенок в этом возрасте активно изучает цвета окружающего мира.

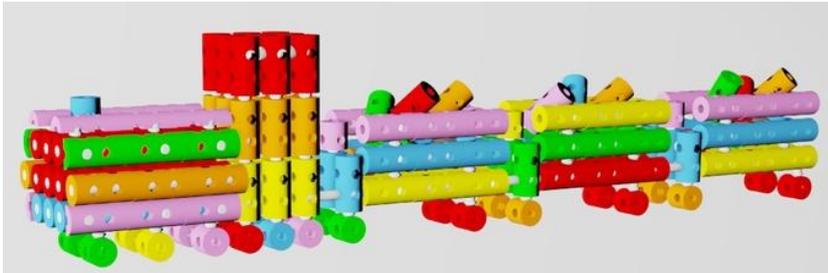


Рис. 6. Цветовой вариант деталей конструктора



Рис. 7. Игра «Дженга»

Дополнительные функции конструктора. Еще одним преимуществом конструктора – «падающая» башня Arbol – является, что он включает в себя другую игру «падающая» башня (рис. 8), аналогом которой является игра «Дженга» (рис. 7).

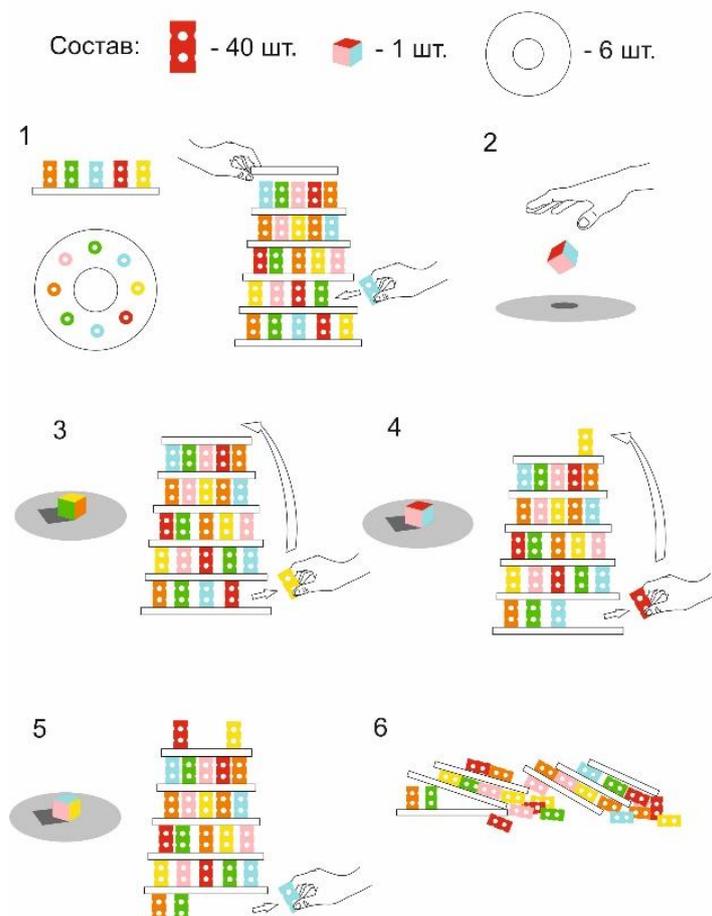


Рис. 8. Ход игры в конструктор Arbol – «Падающая башня»



Рис. 9. Упаковка конструктора

Для хранения и транспортировки деталей конструктора используется пластиковый контейнер размером 170×300×210 (мм) (рис. 9).

Спроектированная детская игрушка – конструктор – является развивающей, так как набор представляет собой симбиоз обычных геометрических деталей, логику сборки конструкций, сортер, позволяющий детям разделять детали по цветам, формам и количеству, и игрушку для творчества. Соответствует выявленным эстетическим, экологическим, технологическим, эргономическим требованиям.

Список использованных источников и литературы

1. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В. И. Анурьев. – 8-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 2001. – Т. 1. – 920 с.
2. Абдусалымова, Ш. К. История игрушки. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-igrushki/viewer> (дата обращения: 07.03.2022).
3. Композиционные материалы с улучшенными прочностными характеристиками на основе абс сополимеров / А. А. Редькина, К. А. Яковлева, В. С. Осипчик, Т. П. Кравченко, В. М. Аристов. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompozitsionnye-materialy-s-uluchshennymi-prochnostnymi-harakteristikami-na-osnove-abs-sopolimerov> (дата обращения: 05.03.2022).
4. Улитина, Л. И. Психолого-педагогические требования к современной детской игрушке. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/psihologo-pedagogicheskie-trebovaniya-k-sovremennoy-detskoj-igrushke/viewer> (дата обращения: 05.03.2022).
5. Краска для деревянных игрушек BIOFA. – URL: <https://kraskilife.ru/8005-kraska-dlya-derevyannyh-igrushek> (дата обращения: 10.03.2022).
6. Патент № 2229321 С2 Российская Федерация, МПК А63Н 33/10. Конструктор: № 2003109164/12: заявл. 01.04.2003: опубл. 27.05.2004 / Д. Л. Осятинский, С. М. Захаров; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «ТЕХНОЛОГ».

E. V. Domracheva, student, html210517@gmail.com

Yu. V. Lozhkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ISTU named after M.T. Kalashnikov

Features of designing a children's toy on the example of a wooden constructor

The purpose of the study is to determine the features and nuances of designing a children's toy using the example of a wooden constructor. The article discusses the role of toys in the life of a child, and in particular a children's wooden constructor. The characteristic features of the existing models of the wooden constructor, the material for the manufacture of toys, as well as ergonomic, environmental, technological and aesthetic requirements are highlighted and described. The scientific novelty of the research lies in the development of

the project of a children's wooden constructor – the "Falling" tower "Arbol". As a result, the optimal requirements for the children's designer are analyzed and highlighted, additional functions of the toy are developed, which give it uniqueness and advantage over existing analogues. Connections, color, shape of parts, material for manufacturing, protective and decorative coating are selected and justified. A variant of the designer packaging has been developed.

Keywords: children's designer; design of children's toys; features and advantages of the designer.

К. В. Дунаева, магистрант, karina.dunayeva.99@bk.ru
Н. М. Якушев, канд. экон. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Анализ проблем организации совместной работы в проектных компаниях Удмуртии

В статье рассмотрена проблема организации совместной работы при проектировании с использованием технологий информационного моделирования. Проведен опрос специалистов, разрабатывающих различные разделы проекта, на основе ответов которых составлены диаграммы. По результатам анализа произведена оценка уровня внедрения BIM-технологий в процесс организации совместной работы. Проанализированы также способы коммуникации и создания среды общих данных, применяемые в компаниях Удмуртии на данный момент. Выявлены основные проблемы, связанные с эффективностью организации работы проектировщиков, среди которых отсутствие опытных специалистов и руководителей в сфере BIM, низкий уровень проработки нормативной документации, нежелание или невозможность обучаться и применять современное программное обеспечение на этапах координации, а также недостаточность опыта российских компаний по сравнению с зарубежными.

Ключевые слова: BIM-технологии, совместная работа, BIM-координация, среда общих данных, проектирование

Введение

Сегодня в области строительства, как во всей стране, так и в Удмуртии, набирают популярность BIM-технологии. Использование их на различных стадиях жизненного цикла объекта облегчает задачу специалистам всех уровней. Есть возможность проследить за тем, как реализуется проект, а также своевременно вносить необходимые корректировки [1]. С развитием BIM-технологий возникла необходимость повысить не только качество и скорость разработки каждого раздела, но и эффективность работы над проектом в целом. Появились и новые возможности, например усовершенствованная возможность взаимодействия между специалистами, разрабатывающими разные разделы проекта. Вводится новая специальность – BIM-координаторы, которые организуют взаимодействие между проектировщиками. Компании начали разрабатывать программы, позволяющие создавать единые модели, при этом находить коллизии не только в одном разделе, но и в смежных, а также координировать работу, вести электронный документооборот и выполнять другие важные функции, повышающие производительность труда.

На сегодняшний день в Удмуртии способы организации проектирования с использованием BIM-технологий еще недостаточно проработаны. Предстоит решить ряд важных задач для реализации целей, которые ставит Минстрой. Одной из них является создание единой цифровой экосистемы в строительстве к 2030 году. Об этой системе сказано в Стратегии развития строительной отрасли Российской Федерации. Важным аспектом данного вопроса является организация взаимодействия сотрудников между собой, повышение качества их работы за счет использования современных методов, то есть организация рабочей среды, объединяющей людей, процессы и технологии. При этом решаются общие задачи и результаты одного специалиста могут использоваться другим сотрудником [2]. Изучение и анализ данного вопроса является первоочередным при рассмотрении темы внедрения BIM-технологий, так как только такой комплексный подход приведет к определенным результатам.

Таким образом, целью исследования является изучение вопросов организации совместной работы в проектных компаниях Удмуртии и анализ существующих проблем.

Анализ проблем организации совместной работы

Для того чтобы проанализировать, на каком уровне находится организация коллективной работы и какой приоритет данного вопроса среди других проблем организации, был проведен опрос проектировщиков, работающих как в крупных, так и в небольших организациях. Всего в опросе приняло участие 19 человек. Результаты представлены в виде инфографики.

По результатам опроса (рис. 1) на данный момент многие организации уже внедрили BIM-технологии в свою деятельность, часть находится в процессе внедрения, часть только планирует, но при этом в организациях 16 % опрошенных технологии информационного моделирования не применяют и не планируется их внедрение в ближайшее время. Несмотря на это, компании понимают важность BIM-технологий для развития процесса проектирования, внедрение их неизбежно и в будущем затронет каждую из них, так как BIM-моделирование облегчает и оптимизирует деятельность в строительной отрасли [3]. Но, проанализировав более точную статистику, видно, что уровень использования технологий информационного моделирования остается достаточно низким в стране: по данным исследования компании PlanRadar, процент застройщиков, использующих BIM в 2021 г., составлял всего 12 %, в то время как в Германии, Великобритании и Франции этот показатель равен 80, 73 и 60 % соответственно. Таким образом, Россия на данный момент имеет достаточно низкие показатели, поэтому необходимо работать над данным вопросом не только на уровне организаций, но и на муниципальном, региональном и государственном. Такой подход является наиболее оптимальным для повышения конкурентоспособности отечественных проектных и строительных компаний как на российском уровне, так и на международном.

Немаловажным вопросом является способ коммуникации, который применяется в организации. Проанализировав ответы (рис. 2), можно сделать вывод, что на данном этапе преобладают традиционные способы, такие как телефон,

электронная почта и мессенджеры, менее популярными являются специальные BIM-программы. При этом большинство опрошенных данные способы коммуникации не устраивают или устраивают частично (рис. 3). Основные недостатки традиционных способов, по мнению участников опроса: невозможность отслеживать процесс проектирования без больших временных затрат и отсутствие совместно редактируемых файлов.

Используете ли Вы BIM-технологии в организации?



Рис. 1. Соотношение ответов

Какие способы коммуникации между сотрудниками используются в Вашей организации?

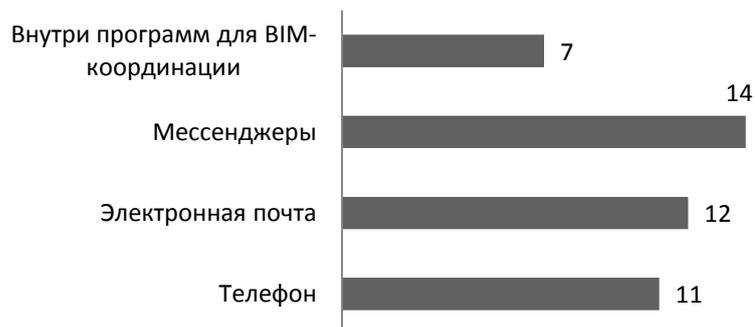


Рис. 2. Соотношение ответов

Для грамотной и эффективной организации совместной работы необходимо оценить и способы организации среды общих данных (СОД), которая является единственным источником достоверной и согласованной информации для всех участников проекта и обеспечивает единую для совместной работы среду, позволяющую осуществлять контроль проектной информации и ее совместное использование всеми участниками многодисциплинарной проектной группы [4]. По представленной диаграмме (рис. 4) видно, что начинается внедрение на данный момент мало распространенных средств, таких как облачные службы, например Autodesk BIM 360, особенностью которого является доступ к данным с компьютеров и мобильных устройств – объединение всех участников процесса [5], и средства управления проектными данными, которые позволяют ускорить процесс проектирования, а также обеспечивают более удобную и быструю коммуникацию. При этом большинство организаций пользуются традиционными способами: средствами управления файлами операционной системы (файлами и папками). Проектировщики выделяют следующие недостатки данного способа: необходимость иметь копии данных на третьих носителях, возможные проблемы с сервером, данную систему считают устаревшей.

При оценке уровня внедрения BIM важным вопросом является и то, насколько давно применяются данные технологии в целях организации взаимодействия. Анализ ответов (рис. 5) показал, что информационное моделирование только начинает входить в нашу жизнь. Из всех ответов только в 50 % организаций данные технологии используются более 3 лет.

Насколько Вас устраивают существующие способы коммуникации в Вашей организации?

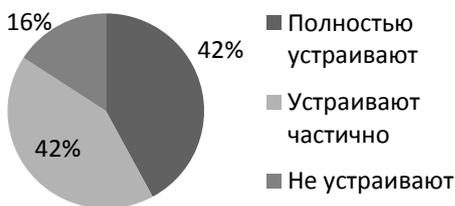


Рис. 3. Соотношение ответов

Как организована среда общих данных в Вашей организации?

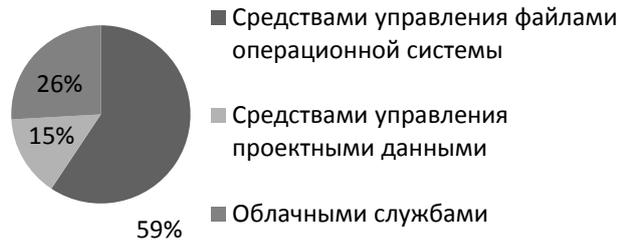


Рис. 4. Соотношение ответов

В связи с развитием BIM-технологий появляются новые профессии. В частности, BIM-координатор, человек, занимающийся непосредственной организацией совместной работы, отвечающий за целостность BIM-модели и информационное сопровождение проекта [6]. Опрос показал, что в компаниях 40 % опрошенных, которые внедрили BIM в свою работу, введена данная должность (рис. 6), что составляет достаточно низкий показатель. Отсутствие обученного специалиста, в обязанности которого входит координация работы всех сотрудников, распределение его обязанностей между проектировщиками, а вследствие и несогласованность между разделами снижает качество не только на уровне проекта, но и при строительстве, а в дальнейшем и эксплуатации объекта.

Насколько давно в Вашей организации используются BIM-технологии при организации совместной работы?

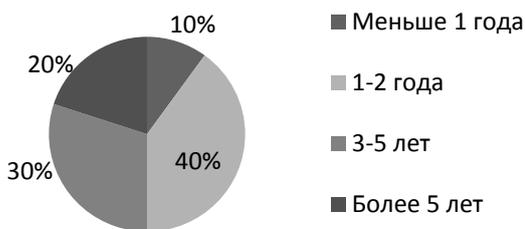


Рис. 5. Соотношение ответов

Есть ли в Вашей организации BIM-координатор?

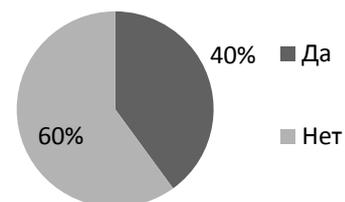


Рис. 6. Соотношение ответов

Для компаний, которые уже работают в BIM, оценивалась популярность программ для организации СОД (рис. 7). Наиболее популярной (80 %) оказалась программа Navisworks от компании Autodesk, 10 % компаний опрошенных используют Autodesk Construction Cloud и 10 % – отечественную программу, разработанную компанией АСКОН – Pilot-BIM [7]. Проектировщики отмечают скорость, удобство, динамичность, возможность проверки на коллизии, системный и централизованный подход к проектированию, высокую производительность, открытый API, доступ всех сотрудников к актуальной модели в любое время является главными достоинствами программ для организации СОД. При этом

выделяют и недостатки, такие как неявная обратная связь с исходными программами (для Navisworks), неготовность рынка, отсутствие опыта использования программ, нехватка нормативной документации, высокая стоимость, необходимость покупки лицензионных версий для полноценного использования всех функций без ограничений, ошибки синхронизации, проблемы совместимости моделей из разных программных продуктов, а также большой вес модели.

Участники опроса, в компаниях которых уже применяется BIM для организации совместной работы, отмечают улучшение взаимодействия между специалистами, повышение качества и сокращение времени, наглядность, параметризацию модели (динамичность), более грамотное распределение ответственности, понимание конечного результата, более удобную координацию. Но при этом отмечают и недостаток опыта.

По мнению большинства опрошенных, совместная работа в их компаниях организована недостаточно эффективно или неэффективно (рис.8). Полностью удовлетворяет организация лишь 37 % опрошенных. При этом проектировщикам хотелось бы иметь более тесную информационную связь разделов проекта и начать использовать систему электронного документооборота. Также отмечается желание накопить опыт взаимодействия и необходимость в специалисте, который будет работать над эффективностью, а именно, BIM-координаторе.

Какие BIM-программы используются в Вашей организации для составления сводной модели, коммуникации?

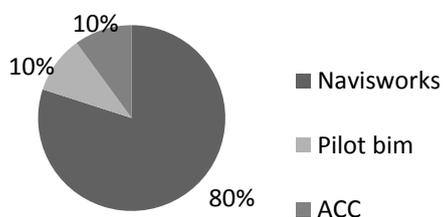


Рис. 7. Соотношение ответов

Насколько эффективно, по Вашему мнению, организована совместная работа в Вашей организации?

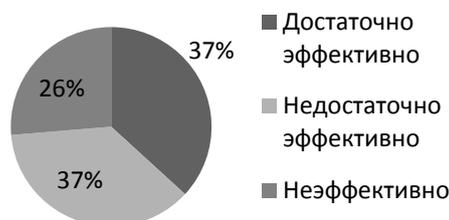


Рис. 8. Соотношение ответов

Опрос показывает (рис. 9), что работа над улучшением взаимодействия между сотрудниками в настоящее время ведется в большинстве организаций (74 %).

Для того чтобы грамотно организовать совместную работу, необходимо установить факторы, которые специалисты относят к наиболее существенным для решения данного вопроса: большинство (рис. 10) считают, что для эффективной организации работы важными факторами являются опытный руководитель, правильное распределение задач и обучение, менее значимыми по результатам опроса специалисты считают внедрение современных технологий и взаимоотношения в коллективе. При этом больше половины опрошенных (74 %) готовы обучаться (рис. 11).

Ведется ли работа над улучшением взаимодействия между сотрудниками в Вашей организации?

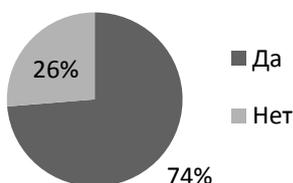


Рис. 9. Соотношение ответов

Что является важным фактором, влияющим на эффективность совместной работы? (1-3 наиболее важных фактора)

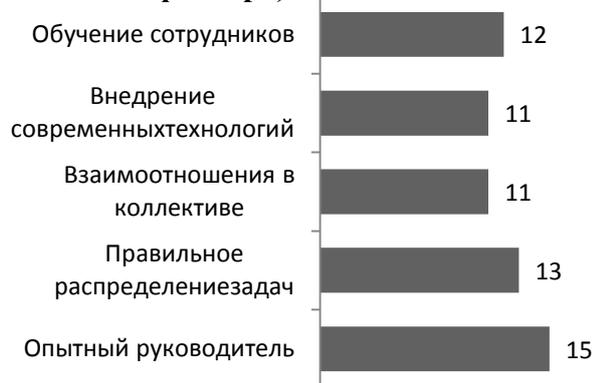


Рис. 10. Соотношение ответов

Готовы ли Вы проходить обучение в целях повышения эффективности совместной работы в Вашей организации?

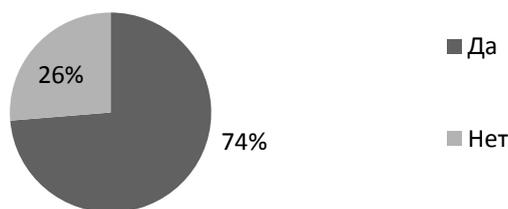


Рис. 11. Соотношение ответов

Заключение

Таким образом, проанализировав все ответы, можно сделать вывод, что развитие ВІМ в России только начинается, на данный момент имеются сложности с организацией схемы совместной работы и различными подходами к структурированию элементов ВІМ у специалистов проектной организации и смежных подразделений [8]. Перед компаниями стоит ряд задач по внедрению информационного моделирования, большинство из которых на данный момент не решены или решены частично. Одним из условий применения ВІМ-технологий является их комплексное внедрение на всех этапах работы над проектом, особенно в области координации. Именно эта стадия – одно из важных отличий современного информационного проектирования от традиционных методов. Опрос показал, что в большинстве организаций совместная работа организована недостаточно эффективно, не хватает обученных опытных специалистов, руководителей, низкий уровень проработки нормативной документации, нежелание или невозможность обучаться и применять современное

программное обеспечение на этапах координации, недостаточность опыта российских компаний по сравнению с зарубежными, что замедляет темпы развития проектных организаций, не позволяет повысить уровень проектов, вследствие чего страдает вся отрасль строительства. При этом Правительство ставит целью к 2030 году ввести в эксплуатацию 120 млн кв. м за год при показателе 90 млн кв. м в 2021 г. Следовательно, работа над сроками проектирования – это неизбежный процесс, но нужно помнить и о качестве, поэтому именно комплексность в вопросах внедрения информационного моделирования, включая координацию совместной работы, является главным инструментом достижения поставленных целей.

Список использованных источников и литературы

1. *Кислякова, Ю. Г.* Роль BIM-технологий в оценке стоимости строительства / Ю. Г. Кислякова, Е. Д. Докучаева, К. В. Угланов // Фотинские чтения. – 2018. – № 1 (9). – С. 102–104.
2. *Немерицкая, Е. А.* Коллективная работа в BIM-технологиях. Основы совместной работы в Revit // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства : сборник научных статей. – Гродно: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2019. – С. 230–233.
3. *Байорис, А. Р.* BIM-моделирование как технология повышения конкурентоспособности строительной отрасли / А. Р. Байорис, М. А. Малиновский, А. В. Ершов // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2021. – № 1. – С. 79–83.
4. *Гришина, Н. М.* Разработка и внедрение BIM-стандарта: исследование методов управления в строительстве / Н. М. Гришина, Д. И. Мицко // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – № 3 (41). – С. 266–276.
5. . Анализ зрелости BIM-решений как инструмента обеспечения жизненного цикла здания / А. С. Сунцов, О. Л. Симченко, Ю. А. Толкачев, Е. Л. Чазов, Д. Р. Самигуллина // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 3. – С. 41–53.
6. *Золотарева, Ю. Ю.* Повышение показателей эффективности деятельности предприятия с помощью внедрения информационного моделирования объектов (BIM) / Ю. Ю. Золотарева, С. И. Сергеева // Инновации, технологии и бизнес. – 2020. – № 1 (7). – С. 59–64.
7. Среда общих данных BIM-проектов для автоматического формирования и коллективной работы с консолидированными моделями Pilot-BIM (Pilot-BIM) : пат. 2020660302 Российская Федерация / ООО «АСКОН-Системы проектирования». – № 2020618874 ; заявл. 11.08.2020 ; опубл. 01.09.2020.
8. *Костюков, И. И.* Интегральный критерий учета совместной работы системы «основание – наземное сооружение» в BIM-технологиях проектирования // Цифровые технологии в лесном секторе. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Санкт-Петербург : Политех-Пресс, 2020. – С. 80–83.

K.V. Dunayeva, undergraduate

N.M. Yakushev, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Analysis of the problems of organizing joint work in Udmurt project companies

The article deals with the problem of organizing collaboration in the design using information modeling technologies. A survey was conducted of specialists developing various sections of the project, on the basis of whose answers diagrams were compiled. Based on the results of the analysis, an assessment of the level of implementation of BIM technologies in the process of organizing collaboration was made. The methods of communication and creation of a Common Data Environment used in Udmurt companies at the moment are also analyzed. The main problems related to the efficiency of the organization of the work of designers are identified, including the lack of experienced specialists and managers in the field of BIM, a low level of elaboration of regulatory documentation, unwillingness or inability to learn and use modern software at the stages of coordination, as well as the lack of experience of Russian companies compared with foreign ones.

Keywords: BIM technologies, collaboration, BIM coordination, Common Data Environment, design.

К. А. Журавлева, студент
М. А. Волков, аспирант
Е. А. Карпова, канд. техн. наук, доц., ek.karpova@istu.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Самоуплотняющийся бетон, модифицированный дисперсией технического углерода

С развитием концепции «устойчивого развития» значительное внимание сегодня уделяется проблемам энергосбережения, охраны окружающей среды и рационального потребления природных ресурсов, в связи с чем актуальной является разработка новых рецептур бетона и технологий бетонирования. В частности, перспективным материалом, позволяющим оптимизировать процесс укладки бетона, сокращая при этом трудо- и энергозатраты, является самоуплотняющийся бетон (СУБ). Немаловажным аспектом при реализации концепции «устойчивого развития» является применение отходов промышленности в качестве модификаторов бетона. Данное исследование посвящено изучению влияния дисперсии технического углерода на технологические и физико-механические свойства СУБ. Содержание технического углерода в бетонной смеси варьировалось от 0 до 0,5 % от массы цемента. Увеличение содержания добавки от 0 до 0,5 % привело к увеличению расплыва стандартного конуса для определения подвижности смеси с 650 до 700–720 мм, при этом время достижения диаметра расплыва 500 мм составило 3–4 с. Плотность и прочность на сжатие образцов СУБ, модифицированных дисперсией технического углерода, по сравнению с контрольным образцом изменялись незначительно при увеличении содержания добавки до 0,25% от массы цемента.

Ключевые слова: самоуплотняющийся бетон, технический углерод, отходы промышленности, технологические свойства, прочность на сжатие.

Введение

Одним из решений для получения прочных бетонных конструкций, не зависящих от качества строительных работ, является использование самоуплотняющегося бетона (СУБ), который может быть уплотнен исключительно за счет собственного веса и без виброуплотнения. Необходимость такого типа бетона была предложена Окамурой в 1986 году [1–3].

За последние 15 лет в России было проведено большое количество исследований по разработке СУБ, однако реализованных проектов осуществлено мало. Впервые в России самоуплотняющаяся смесь была применена при строительстве башни «А» комплекса «Федерация» ММДЦ «Москва-Сити» [4]. Общий объем уложенного бетона составил 2200 м³. Был спроектирован состав смеси, включающий цемент с минеральной добавкой (СЕМ II/A-II) с пониженным

удельным тепловыделением и специальный модификатор, состоящий из микрокремнезема, золы-уноса и нафталинформальдегидного суперпластификатора, молотого известняка с размером частиц до 1250 мкм, кварцевым песком с $M_{кр} = 2,5 \dots 2,8$ и гранитным щебнем фракции 5–10 мм. Другой объект, выполненный из СУБ смеси, находится в г. Екатеринбурге – деловой квартал «Екатеринбург Сити», объединяющий более 400 тыс. м² коммерческих и торговых площадей, офисов, гостиниц, развлекательных центров, кафе и ресторанов [5].

При этом для развития концепции «устойчивого развития» необходима разработка новых рецептур бетона, позволяющих рационально использовать природные ресурсы. В различных отраслях промышленности образуется и накапливается большое количество отходов в виде пыли, шлаков, зол и т. д. Данные продукты могут быть использованы в качестве наполнителей или активных минеральных добавок при производстве СУБ, так как для получения оптимальной гранулометрии данные бетоны должны иметь в своей рецептуре частицы с высокой дисперсностью. К примеру, при использовании тонкомолотого медеплавильного шлакового микронаполнителя в составе СУБ смеси достигается высокая пластичность (расплыв конуса Абрамса составляет 55–66 см) при сохранении однородности и отсутствии седиментации и водоотделения. Это приводит к значительному увеличению прочности затвердевшего бетона через 28 суток твердения в нормальных условиях (до 47,3 МПа). Использование суперпластификатора в дозировке 0,15–0,17 % по массе цемента позволяет понизить водоцементное отношение до 0,50–0,62, что также положительно сказывается на прочности затвердевшего бетона при сохранении высокой подвижности бетонной смеси [6]. Высокая удельная поверхность микронаполнителей СУБ позволяет управлять их технологическими свойствами.

Целью данного исследования является разработка состава СУБ, модифицированного дисперсией технического углерода. Рядом авторов установлено положительное влияние технического углерода на свойства бетонов и растворов [7–10]. В исследовании по модифицированию мелкозернистого бетона [6] применяется технический углерод, который имеет дисперсность нанометрового уровня. Для получения более полного исследования приводились к сравнению показатели прочности образцов, модифицированных дисперсией в возрасте трех лет и свежеприготовленной дисперсией. Оптимальная концентрация технического углерода для дисперсии в возрасте трех лет составила 0,02 %, при свежеприготовленной – 0,005 % от массы цемента. При этом на 14-е сутки прочностные характеристики образцов повысились при изгибе и сжатии на 27,6 и 12,3 % соответственно при использовании дисперсии технического углерода в возрасте трех лет и на 19,5 и 50,25 % при свежеприготовленной.

Материалы и методы исследований

При проведении экспериментов для приготовления СУБ смеси в качестве вяжущего был использован портландцемент ПЦ500Д0 (ГОСТ 31108–2020) производства АО «Мордовцемент» (р. п. Комсомольский, Чамзинский район, Республика Мордовия). Физико-механические и химико-минералогические показатели цемента представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики ПЦ500Д0

Наименование показателя	Регламентированные значения согласно НД	Фактические значения
Физико-механические и химические показатели цемента		
Прочность цемента на сжатие в возрасте 2 суток, МПа	Не менее 20,0	25,4
Прочность цемента на сжатие в возрасте 28 суток (среднее значение за предшествующие 3 месяца), МПа	Не менее 42,5 и не более 62,5	50,1
Коэффициент вариации активности за предшествующие 3 месяца, %	Не нормируется	0,90
Начало схватывания, мин	Не ранее 60	170
Нормальная густота цементного теста, %	Не нормируется	26,10
Расширение, мм	Не более 10,0	0,0
Наличие признаков ложного схватывания	Не нормируется	Отсутствуют
Содержание вспомогательного компонента, %	0–5	4,70
Содержание оксида серы (IV) SO ₃	Не более 4,0	3,28
Потери массы при прокаливании, %	Не более 5,0	3,01
Нерастворимый осадок, %	Не более 5,0	0,67
Содержание хлорид – иона, %	Не более 0,1	0,011
Содержание щелочных оксидов (Na ₂ O и K ₂ O) в пересчете на Na ₂ O, %	Не нормируется	0,79
Предел прочности при сжатии после ТВО, МПа	Более 27,0 для 1 группы	37,2
Группа по эффективности пропаривания		Первая
Содержание оксида магния MgO, %	Не более 5,0	1,20
Суммарное количество специальных и технологических добавок, %	Не более 1,0	Отсутствуют
Количество органических добавок в сухом состоянии, %	Не более 0,2	Отсутствуют
Химико-минералогические показатели клинкера		
Содержание оксида магния MgO в клинкере, %	Не более 5,0	1,34
C ₃ S (трехкальциевый силикат), %	Не нормируется	65,10
C ₂ S (двухкальциевый силикат), %	Не нормируется	11,81
C ₃ A (трехкальциевый алюминат), %	Не нормируется	6,77
C ₄ AF (четырекальциевый алюмоферрит), %	Не нормируется	13,56
Суммарное содержание (C ₃ S + C ₂ S), %	Не менее 2/3 массы клинкера	76,91
Массовое отношение оксида кальция к оксиду кремния (CaO/SiO ₂)	Не менее 2,0	3,11
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг	Не более 370	73,3

В качестве наполнителя была использована доломитовая мука с суммарной долей карбонатов кальция и магния не менее 80 %.

В качестве заполнителей использовались щебень гранитный (фракции 5–10 мм) ОАО «Высокогорский горно-обогатительный комбинат» (г. Нижний Тагил), который отвечает требованиям СТО 57110-004-05778402–2015; песок строительный сухой производства ООО «Альтаир» (г. Ижевск), соответствующий ГОСТ 8734–2014; песчано-гравийная смесь (ГОСТ 23735–2014) производства ООО «РПР» (г. Воткинск).

В качестве пластифицирующей добавки использовался поликарбоксилатный гиперпластификатор Stachement 2060.

Технический углерод вводился в виде дисперсии производства ООО «Новый дом», содержание сухого вещества в пасте – 34 %, удельная поверхность частиц 65–100 м²/г. Дисперсионный анализ данной добавки, выполненный на лазерном анализаторе SALD–7500nano, представлен на рис. 1.

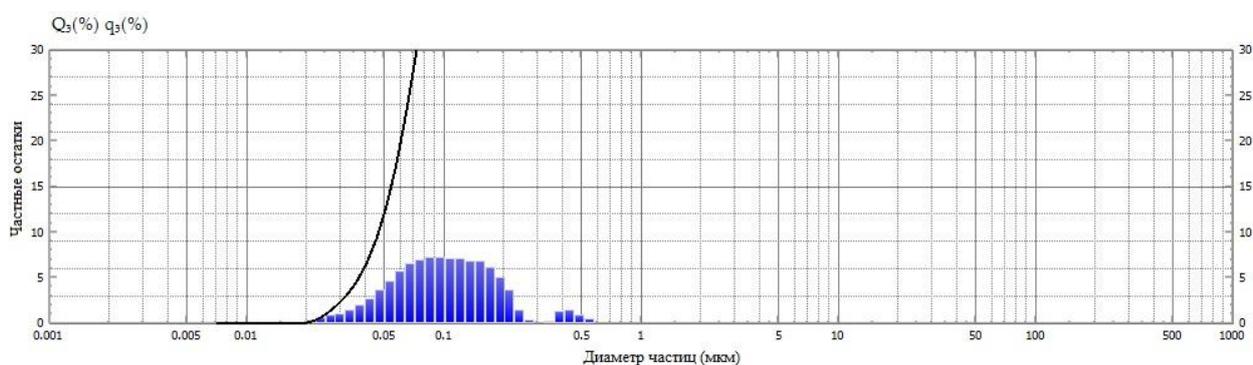


Рис. 1. Дисперсионный анализ дисперсии технического углерода

Дисперсионный анализ сажи показал, что размер частиц находится в диапазоне от нескольких нанометров до 0,5 мкм. В интервале от 0,05 до 0,3 мкм содержится более 80 % всех частиц.

В ходе исследования готовились составы СУБ, модифицированного техническим углеродом в дозировке от 0 до 0,5 от массы цемента. Составы исследуемого бетона представлены в табл. 2.

Таблица 2. Исследуемые составы самоуплотняющегося бетона

№	Расход компонентов, кг/м ³							В/Ц	Технически углерод, % по мас. цем.
	Цемент	Песок	ПГС	Щебень	Доломитовая мука	Вода	Пластификатор		
1	403	450	450	750	161	200	5	0,5	0
2	403	450	450	750	161	200	5	0,5	0,03
3	403	450	450	750	161	200	5	0,5	0,06
4	403	450	450	750	161	200	5	0,5	0,125
5	403	450	450	750	161	200	5	0,5	0,25
6	403	650	450	750	161	200	5	0,5	0,5

Технологические свойства бетонных смесей тестировались с применением методики, представленной в ГОСТ Р 58002-2017/EN 12350-8:2010. При этом

определялись такие показатели, как расплыв стандартного конуса и время растекания бетонной смеси до достижения диаметра 500 мм (t_{500} , с).

Физико-механические свойства бетонов определяли по стандартным методикам. Прочность бетона на сжатие определялась на образцах-кубах с размером ребра 100×100×100 мм в возрасте 7 и 28 суток в соответствии с ГОСТ 10180–2012.

Результаты исследований

Изменение технологических характеристик в зависимости от содержания добавки технического углерода представлено на рис. 2. Увеличение содержания технического углерода с 0 до 0,06 % от массы цемента значительно не влияло на показатель расплыва бетонной смеси. Расплыв стандартного конуса в данном случае увеличился на 30 мм по сравнению с контрольным образцом. Дальнейшее увеличение дозировки технического углерода свыше 0,06 % от массы цемента привело к увеличению расплыва смеси на 70 мм. При этом максимальное увеличение отмечалось для бетонной смеси с содержанием технического углерода 0,25 % от массы цемента, когда расплыв конуса составил 720 мм по сравнению с 650 мм для контрольного образца. Данное увеличение подвижности бетонной смеси при увеличении дозировки технического углерода, может быть объяснено присутствием химических добавок, используемых для равномерного распределения частиц технического углерода в дисперсии. Необходимым условием является подбор такого диспергирующего агента, который бы обеспечил равномерное распределение частиц в объеме дисперсии, не ухудшая при этом свойства модифицированного данной дисперсией бетона в затвердевшем и незатвердевшем состоянии.

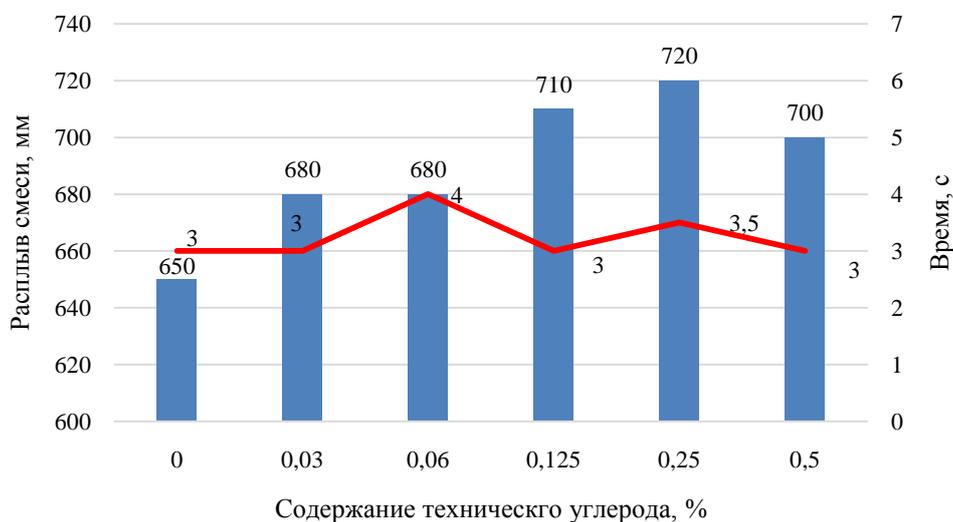


Рис. 2. Зависимость подвижности СУБ смеси от содержания сажи

Немаловажным технологическим параметром, характеризующим свойства СУБ смесей, является время, за которое смесь достигает расплыва в 500 мм (t_{500} , с). Увеличение содержания технического углерода от 0 до 0,5 % от массы

цемента не привело к значительному изменению показателя t_{500} . Данное время для всех исследуемых смесей находилось в пределах 3–4 с.

На ряду с технологическими свойствами СУБ смесей было проведено исследование влияния добавки технического углерода на плотность и прочность образцов. Результаты влияния технического углерода на плотность СУБ приведены на графике (рис. 3). Плотность контрольного состава – 2432 кг/м³. При содержании добавки – 0,03 % от массы цемента, плотность бетона увеличивается до 2481 кг/м³, далее наблюдается падение до 2384 кг/м³ при содержании 0,125 %. Наблюдаемое снижение в плотности, может быть связано с неравномерностью гранулометрического состава приготовленной бетонной смеси.

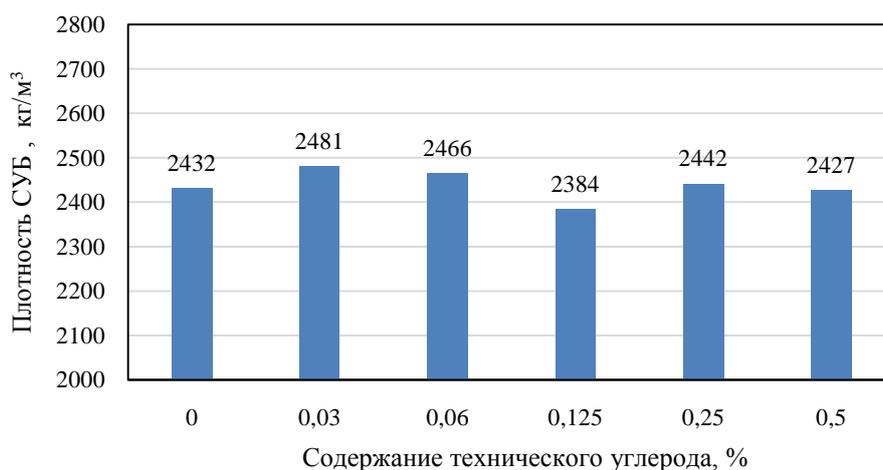


Рис. 3. Зависимость плотности СУБ смеси от содержания сажи

Исследование прочности на сжатие образцов СУБ, модифицированных дисперсией технического углерода, в возрасте 7 и 28 суток выявило отсутствие значительных изменений в прочностных показателях при изменении дозировки от 0 до 0,25% от массы цемента (рис.4).

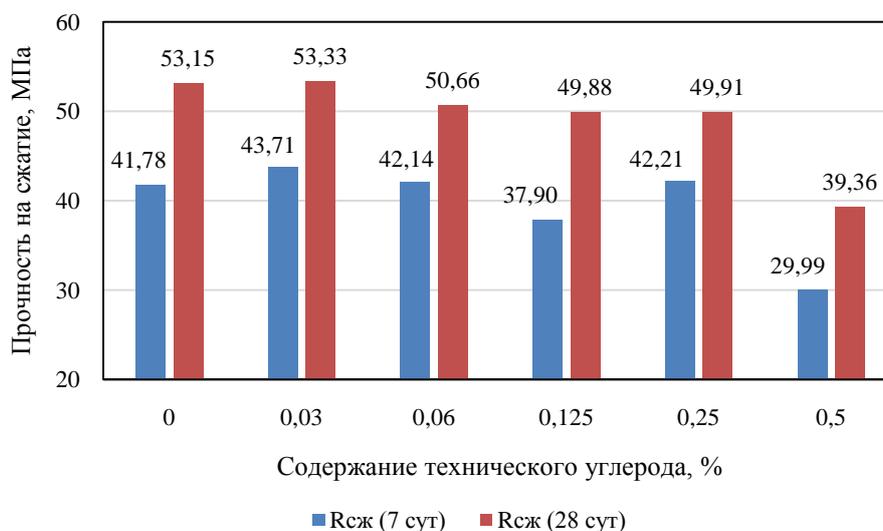


Рис. 4. Зависимость прочности на сжатие от содержания технического углерода

Увеличение содержания технического углерода до 0,5 % от массы цемента привело к снижению прочности на сжатие в возрасте 7 и 28 суток на 28,2 и 25,9 % соответственно. Данный результат обусловлен необходимостью корректировки бетонной смеси путем введения дополнительного количества песка по сравнению с другими составами, для того чтобы снизить содержание избыточной воды в смеси. Значительное изменение в подвижности смеси связано с активным диспергирующим агентом, применяемым для распределения частиц технического углерода в объеме дисперсии, и его совместном воздействием в комплексе с поликарбоксилатным гиперпластификатором на СУБ смесь.

Выводы

В ходе данного исследования было проанализировано влияние дисперсии технического углерода на технологические и физико-механические свойства СУБ. Введение добавки технического углерода в состав СУБ в количестве от 0 до 0,25 % привело к увеличению расплыва бетонной смеси с 650 до 720 мм, при этом время достижения диаметра расплыва 500 мм составило 3–4 с. Плотность и прочность на сжатие образцов СУБ, модифицированных дисперсией технического углерода, по сравнению с контрольным образцом изменялась незначительно при увеличении содержания добавки до дозировки 0,25 % от массы цемента. При дальнейшем увеличении содержания технического углерода до 0,5 % от массы цемента наблюдался значительный рост подвижности бетонной смеси, что потребовало корректировки рецептуры и привело к снижению прочностных показателей по сравнению с контрольным образцом. Таким образом, модификация СУБ смесей дисперсией технического углерода требует подбора оптимального диспергирующего агента, позволяющего регулировать свойства дисперсии, одновременно не ухудшая при этом свойств модифицируемого ей бетона.

Список используемых источников и литературы

1. *Okamura H., Maekawa K., Ozawa K.* High Performance Concrete. *Gihodo Publishing*, 1993.
2. *Okamura H., Ozawa K.* Mix-design for self-compacting concrete. *Concrete Library of JSCE*, 1995, vol. 25, pp. 107-120.
3. *Ozawa K., Maekawa K., Kunishima M., Okamura H.* Development of high performance concrete based on the durability design of concrete structures. *Proceedings of the second East-Asia and Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EA-SEC-2)*, 1989, vol.1, pp. 445-450.
4. Модифицированные бетоны нового поколения в сооружениях ММДЦ «МоскваСити» / С. С. Каприелов, В. И. Травуш, А. В. Шейнфельд, Н. И. Карпенко, Г. С. Кардумян, Ю. А. Киселева, О. В. Пригоженко // *Строительные материалы*. – 2006. – № 10. – С. 8–12.
5. Отечественный опыт производства и применения самоуплотняющегося бетона / В. Р. Фаликман, В. В. Денискин, О. О. Калашников, В. Ю. Сорокин // *Национальная ассоциация ученых (НАУ)*. – 2015. – № 2 (7). – С. 68–73.

6. Патент на изобретение, Российская Федерация. № RU2659290C1 Способ получения самоуплотняющегося бетона и бетонная смесь / Кравцов А. В.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия». – Оpubл. 29.06.2018

7. Влияние дисперсий технического углерода на свойства мелкозернистого бетона / Г. И. Яковлев [и др.] // Строительные материалы. – 2018. – № 8. – С. 89–92.

8. *Игнатова, О. А.* Применение водостойкого гипсового вяжущего / О. А. Игнатова, Н. В. Макарова // Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). – 2017. – № 2. – С. 103–108.

9. *Chitra G., Selvi P. V., Vijayalakshmi D.* Carbon Black as an Additive in Conventional Concrete. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2014, vol. 4, pp. 194–201.

10. Синергетика дисперсно-наполненных композитов / А. Н. Бобрышев [и др.]. – Москва : ЦКТ, 1999. – 252 с.

K. A. Zhuravleva, student

M. A. Volkov, PhD student

E. A. Karpova, Candidate of Science, Associate Professor, ek.karpova@istu.ru

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Self-compacting concrete modified with dispersion of carbon black

With the development of the concept of "sustainable development", considerable attention is being paid today to the problems of energy conservation, environmental protection and rational consumption of natural resources, in connection with which the development of new concrete formulations and concreting technologies is relevant. In particular, self-compacting concrete (SCC) is a promising material that allows optimizing the process of laying concrete, while reducing labor and energy costs. An important aspect in the implementation of the concept of "sustainable development" is the use of industrial waste as concrete modifiers. This study is devoted to the study of the effect of carbon black dispersion on the technological and physico-mechanical properties of the SCC. The carbon black content in the concrete mix varied from 0 to 0.5% by weight of cement. An increase in the additive content from 0 to 0.5% led to an increase in the spreading of the standard cone from 650 to 700-720 mm, while the time to reach the spreading diameter of 500 mm was 3-4 s. The density and compressive strength of SCC samples modified with the dispersion of carbon black, compared with the control sample, changed slightly with an increase in the additive content up to 0.25% by weight of cement.

Keywords: self-compacting concrete, technical carbon, industrial waste, technological properties, compressive strength.

И. С. Звонарев, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова,
atmoscrystalline@gmail.com

Стабилизация обратного маятника с применением искусственной нейронной сети

В статье поднята проблема стабилизации электрических транспортных средств. Рассмотрена неэффективность систем управления, построенных на базе классических методов. Проведено математическое моделирование обратного маятника, который был выбран в роли объекта управления. Проведено имитационное моделирование стабилизации обратного маятника в среде «OpenAI gym». Проведен сравнительный анализ эффективности использования системы управления на базе искусственной нейронной сети и классической системы управления для задачи стабилизации обратного маятника. В качестве критерия эффективности выбрана система суммарных наград в имитационной среде. Дана оценка эффективности применения виртуальной среды «OpenAI gym» для сравнения классических алгоритмов и алгоритмов на основе нейронных сетей. Разработана модель в ROS (Robot Operating System) для дальнейшего исследования эффективности алгоритмов стабилизации обратного маятника.

Ключевые слова: обратный маятник, искусственная нейронная сеть, стабилизация, ROS.

В последнее время стали популярны электрические транспортные средства, такие как гироскутеры, моноколесо, электрические самокаты и велосипеды, электромобили и многое другое. Работа некоторых из них основана на системе стабилизации, позволяющей устройству определенное положение в пространстве. Для разработки системы стабилизации используют регуляторы, основанные на математической модели объекта, чаще всего это ПИД-регулятор или линейно квадратичный регулятор, а также применяют методы нечеткой логики или искусственные нейронные сети. Но несмотря на то что для стабилизации гироскутеров или моноколес бывает достаточно реализации классических регуляторов, эти системы могут быть легко выведены из равновесия одним неверным движением человека.

Исходя из этого возникает вопрос-гипотеза: «Будет ли система работать лучше, если реализовать ее на базе искусственной нейронной сети?» Для проверки этой гипотезы проведем сравнение эффективности принятия решений двух алгоритмов: алгоритма ПИД-регулирования и алгоритма, основанного на искусственной нейронной сети. Сравнение этих алгоритмов было решено проводить в рамках задачи стабилизации.

В качестве объекта стабилизации было решено использовать классическую модель перевернутого маятника, а именно имитационную модель в среде «OpenAI gym». Данная среда позволяет получать вектор состояния объекта

управления, на основании которого система стабилизации выбирает одно из двух действий (движение вправо или влево). Это позволяет произвести анализ эффективности алгоритма в рамках одного временного эпизода принятия решения. Временной эпизод принятия решения состоит из интервалов времени, за которое алгоритм на основании вектора состояния системы формирует управляющее воздействие, и система переходит в следующее состояние. На основании «нового» и «старого» состояния вычисляется награда за принятое решение алгоритма управления. Эпизод заканчивается в случае, если угол отклонения маятника превысит значение невозврата или когда закончится установленный лимит временных итераций. Использование модели перевернутого маятника для проверки работоспособности новых алгоритмов зарекомендовало себя на практике, данный подход используется в работах [1–3].

Для создания интеллектуальной системы стабилизации используем искусственную нейронную сеть на базе улучшенной архитектуры актер-критик, выбранной в работе [4].

Для понимания процесса рассмотрим математическую модель обратного маятника. Уравнения движения обратного маятника записываются в форме уравнений Лагранжа [5]. На рис. 1 представлена схема обратного маятника с основными параметрами системы.

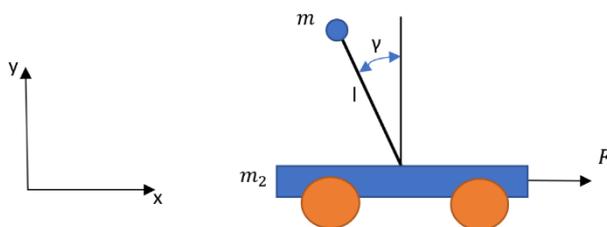


Рис. 1. Схема обратного маятника

На рис. 1 мы видим следующие обозначения: γ – угол отклонения маятника от вертикали, l – длина маятника, в качестве сил, действующих на маятник, выступают сила тяжести и внешняя сила F , действующая в направлении оси x . Точка положения x находится в месте сочленения маятника и подвижной платформы. Лагранжиан для системы имеет вид:

$$L = T - U, \quad (1)$$

$$L = \frac{1}{2} m_2 v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2 - mgl \cos \gamma,$$

где v_1 – скорость тележки, v_2 – скорость массы (m) маятника, T – кинетическая энергия системы, U – потенциальная энергия системы. Выразив скорости из первой производной положения $x(t)$ получим:

$$v_1^2 = \dot{x}_1^2, \quad (2)$$

$$v_2^2 = \left(\frac{d(x - l \sin \gamma)}{dt} \right)^2 + \left(\frac{d(l \cos \gamma)}{dt} \right)^2.$$

Упростив выражения (2) и подставив в лагранжиан (1), получаем:

$$L = \frac{1}{2}(m_2+m)\dot{x}_1^2 - ml\dot{x}\dot{\gamma} \cos \gamma + \frac{1}{2}ml^2\dot{\gamma}^2 - mgl \cos \gamma. \quad (3)$$

Уравнение Лагранжа второго рода имеет вид

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} - \frac{\partial L}{\partial x} = F, \quad \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{\gamma}} - \frac{\partial L}{\partial \gamma} = 0. \quad (4)$$

Подставим в уравнения (4) лагранжиан (3) и упростим их для получения уравнений, описывающих движение обратного маятника, получим:

$$(m_2 + m)\ddot{x} - ml\ddot{\gamma} \cos \gamma + ml\dot{\gamma}^2 \sin \gamma = F, \quad (5)$$

$$l\ddot{\gamma} - g \sin \gamma = \ddot{x} \cos \gamma.$$

Система уравнений (5) нелинейная, однако учитывая, что задача стабилизации маятника сводится к стабилизации его в вертикальном положении, уравнения приводятся к линейному виду исходя из условия: $\gamma \approx 0$, тогда $\cos \gamma = 1$, $\sin \gamma = \gamma$.

Рассмотрим работу алгоритмов стабилизации обратного маятника на базе виртуальной среды моделирования. Имитационная среда «OpenAI gym» предоставляет возможность получения вектора состояния, на основании которого формируются системы управления: $\{x(t), \dot{x}(t), \gamma(t), \dot{\gamma}(t)\}$, где $x(t)$ – положение тележки, $\dot{x}(t)$ – скорость тележки, $\gamma(t)$ и $\dot{\gamma}(t)$ – угол отклонения маятника от вертикального положения и угловая скорость соответственно. В качестве оценки единичного действия алгоритма среда формирует отрицательную или положительную награды. Эти награды суммируются в конце каждого эпизода работы алгоритма и формируют суммарную награду. Значение этой награды мы будем использовать в качестве критерия оценки эффективности принятия решений алгоритма в одном эпизоде.

Начальные условия эксперимента – маятник, отклоненный от положения равновесия на угол $\gamma=10$ (град). Для сравнения использовались значения суммарной награды на интервале в 600 эпизодов, в каждом из которых учитывалась суммарная награда алгоритма за 200 итераций. На рис. 2 представлены графики изменения суммарной награды.

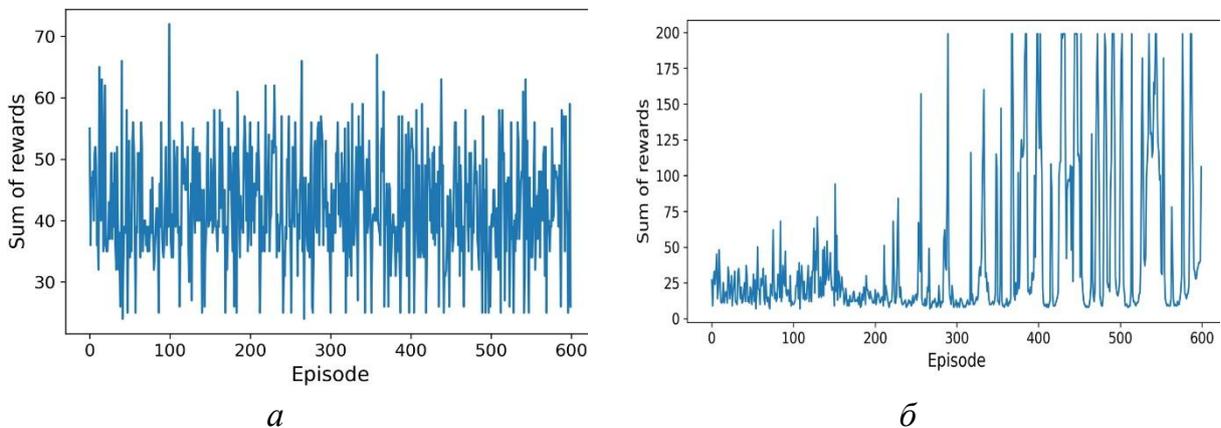


Рис. 2. Графики изменения суммарной награды алгоритмов: *a* – алгоритм стабилизации на основе ПИД-регулятора с коэффициентами (0,42, 0,03, 0,25); *б* – алгоритм стабилизации на основе искусственной нейронной сети «актер-критик»

На рис. 2 мы видим, что показатель суммарной награды алгоритма принятия решения на основе ПИД-регулятора значительно меньше показателей суммарной награды алгоритма принятия решений, основанного на искусственной нейронной сети, однако алгоритм ПИД-регулирования отличается постоянством регулирования, в отличие от алгоритма, основанного на нейронной сети, который по мере обучения улучшает эффективность принятия решений.

Таким образом, можно утверждать, что гипотеза о более эффективном применении алгоритма принятия решений на основе нейронных сетей в задачах стабилизации имеет право на существование, кроме того, эту гипотезу доказывает наличие свидетельства на программу ЭВМ [6]. Однако, принимая в расчет ограничения платформы для имитации работы алгоритмов «OpenAI gym», было принято решение о продолжении исследования алгоритмов управления для задач стабилизации маятника в рамках платформы ROS, на базе которой была разработана модель обратного маятника. На рис. 3 представлена модель обратного маятника в ROS в виртуальной среде gazebo.

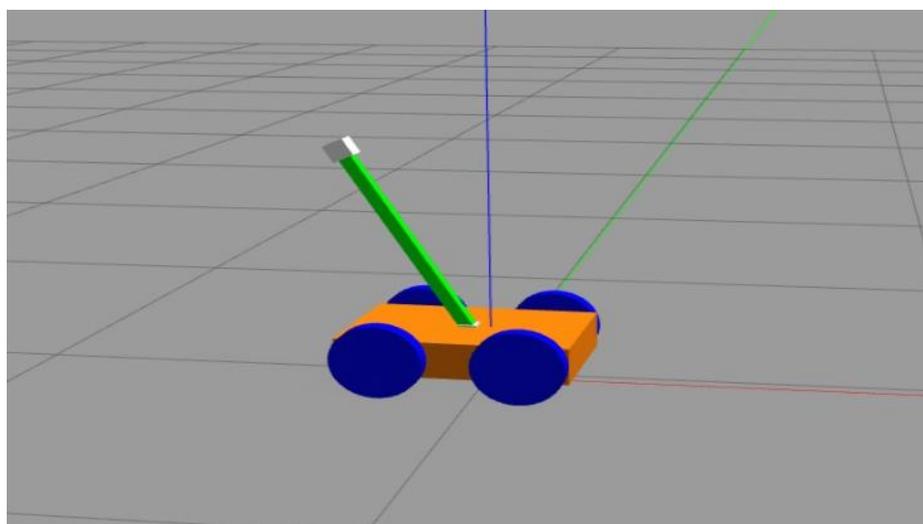


Рис. 3. Модель обратного маятника в ROS

Использование ROS хорошо зарекомендовало себя, поскольку среда предоставляет возможность моделировать работу механизма максимально близко к реальным условиям его эксплуатации. Среда ROS была эффективно использована в следующих работах [8–11].

Список использованных источников и литературы

1. Применение нейронных сетей для задач стабилизации динамических систем / Н. В. Харин, А. Д. Иванова, Е. Е. Туфанова, О. А. Саченков // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2021) : сборник трудов по материалам VII Международной конференции и молодежной школы, Самара, 20–24 сентября 2021 года. – Самара : Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, 2021. – С. 34272.
2. Стабилизация обратного гибкого маятника с гистерезисными свойствами / М. Е. Семенов, М. Г. Матвеев, Г. Н. Лебедев, А. М. Соловьев // Мехатроника, автома-

тизация, управление. – 2017. – Т. 18, № 8. – С. 516–525. – DOI 10.17587/mau.18.516-525.

3. Семенов, М. Е. Стабилизация системы связанных обратных маятников вертикальными осцилляциями / М. Е. Семенов, М. А. Попов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 4. – С. 24–34. – EDN YTRTLF.

4. Звонарев, И. С. Анализ систем управления мобильных роботов с элементами интеллектуального управления / И. С. Звонарев, Ю. Л. Караваев // «Выставка инноваций – 2021» (осенняя сессия) : сборник материалов XXXII Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов, Ижевск, 18 ноября 2021 года. – Ижевск : Изд-во УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2021. – С. 62–67.

5. Лукьяненко, Д. В. Система управления обратным маятником / Д. В. Лукьяненко // Современные технологии: проблемы инновационного развития и внедрения результатов : сборник статей X Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 05 августа 2021 года. – Петрозаводск : Международный центр научно-го партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская Ирина Игоревна), 2021. – С. 53–60. – EDN MCKDDY.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018610501 Российская Федерация. Интеллектуальная система управления роботом с внутренним осциллятором : № 2017661746 : заявл. 15.11.2017 : опубл. 11.01.2018 / М. В. Голицына, В. А. Самсонов, Л. А. Климина [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ).

7. Lange R. et al. Integrating the Functional Mock-Up Interface with ROS and Gazebo // Robot Operating System (ROS). – Springer, Cham, 2021. – С. 187–231.

I. S. Zvonarev, postgraduate student, atmoscrystalline@gmail.com
Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Invented pendulum stabilization using artificial neural network

The article raised the problem of stabilization of electric vehicles. The inefficiency of control systems built on the basis of classical methods is considered. Mathematical modeling of the inverse pendulum, which was chosen as the control object, was carried out. Simulation modeling of the stabilization of the inverse pendulum in the "OpenAI gym" environment has been carried out. A comparative analysis of the effectiveness of using a control system based on an artificial neural network and a classical control system for the problem of stabilizing an inverse pendulum is carried out. The system of total rewards in the simulation environment was chosen as an efficiency criterion. An assessment of the effectiveness of using the virtual environment "OpenAI gym" for comparing classical algorithms and algorithms based on neural networks is given. A model has been developed in ROS (Robot Operating System) to further study the effectiveness of inverse pendulum stabilization algorithms.

Keywords: invented pendulum, artificial neural network, stabilization, ROS.

А. А. Зорина, бакалавр, yuta.zorina@gmail.com
А. П. Тюрин, д-р техн. наук, проф.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка мероприятий по снижению тепловой нагрузки среды в производственной котельной предприятия

Статья посвящена вопросам обоснования и разработки мероприятий по снижению тепловой нагрузки среды в производственной котельной. Рассматривается микроклимат как вредный фактор производственного процесса по материалам специальной оценки условий труда рабочего места оператора котельной. Выполнен анализ воздействия повышенных температур на организм работника и оценка влияния вредного фактора на общую работоспособность и способность к концентрации внимания работника, указываются возможные последствия в состоянии здоровья. Анализируются уже имеющиеся в котельной способы снижения тепловой нагрузки и рассматриваются некоторые варианты теплоизоляционных покрытий, которые могут быть применены в рамках разработанных мероприятий. Выполнены расчеты количества и стоимости выбранных материалов для рассматриваемой котельной. Приводится обоснование для повышения заинтересованности работодателей в улучшении условий труда работников.

Ключевые слова: условия труда, микроклимат рабочей зоны, охрана труда, теплоизоляция трубопроводов, жидкая теплоизоляция.

Введение

В деятельности предприятия важную роль играет энергосиловой цех. Его задачей является обеспечение предприятия всеми необходимыми видами энергии: электричеством, теплом, горячей водой, паром и т. д. В структуру цеха входит участок котельной, которая предназначена для выработки пара для производственных нужд и теплоснабжения жилого микрорайона города. Для непрерывного энергоснабжения производства эксплуатация котельной происходит круглосуточно. Обслуживанием паровых и водогрейных котлов занимаются операторы котельной.

Необходимым условием нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение комфортных условий на его рабочем месте, в том числе микроклимата. Воздействие высоких температур внешней среды вызывает дискомфорт, нарушение теплообмена в организме человека. Также ослабляется внимание, замедляются реакции работника, что может привести к инцидентам и авариям. Для предупреждения перегревов актуально применение средств коллективной тепловой защиты (СКТЗ), улучшающих микроклимат и обеспечивающих безопасность работников.

Цель исследования – разработка мероприятий по снижению тепловой нагрузки среды в производственной котельной АО «Ижевский механический завод».

Разработка мероприятий по снижению тепловой нагрузки среды производственной котельной

Опираясь на данные материалов специальной оценки условий труда (табл. 1), оператор котельной осуществляет трудовую деятельность в условиях вредного микроклимата. Параметры микроклимата оцениваются по индексу тепловой нагрузки среды (ТНС-индексу). Этот показатель отражает суммарное влияние температуры воздуха, скорости его движения, влажности и теплового облучения на теплообмен человека с окружающей средой.

Повышенная температура воздуха вызывает дискомфорт, нарушает теплообмен и водно-солевой баланс в организме, что приводит к замедлению реакций работника, снижает его работоспособность [3].

При температуре воздуха выше 25 °С допустимые величины относительной влажности не должны превышать 65–70 %, а скорость движения воздуха в теплый период года для категории работ Ib должна входить в диапазон 0,1–0,3 м/с.

Таблица 1. Результаты СОУТ рабочего места оператора котельной

№ п/п	Наименование фактора производственной среды и трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда						
		1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
1	Шум			+				
2	Инфразвук		+					
3	Вибрация общая		+					
4	Неионизирующее излучение		+					
5	Параметры микроклимата				+			
6	Параметры световой среды		+					
7	Напряженность трудового процесса	+						
8	Итоговый класс (подкласс) условий труда				3.2			
9	Дополнительные взносы в пенсионный фонд	4 %						

По результатам специальной оценки условий труда, рабочее место оператора котельной отнесено к классу 3.2. Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере. В связи с этим работнику полагается повышение оплаты труда в размере не менее 4 % от тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Также класс 3.2 компенсируется дополнительным отпуском, не менее 7 календарных дней.

Для снижения температуры оборудования и температуры воздуха рабочей зоны актуально применение средств коллективной теплозащиты, улучшающих микроклимат и обеспечивающих безопасность работников.

В участке котельной имеются следующие СКТЗ:

- средства защиты от повышенных температур поверхностей оборудования (теплоизоляция);
- средства нормализации воздушной среды производственных помещений и рабочих мест (приточно-вытяжная вентиляция).

На данный момент в котельной на оборудовании температурой до 175 °С (сети пароснабжения) используется стандартная теплоизоляция: изоляционный слой минеральной ваты с покровным слоем стекловолокна марки URSA или стеклопластика. Наружный слой изоляции – оцинкованная сталь.

В качестве теплоизоляции на оборудование и трубы с горячей водой, температурой до 90 °С (сети ГВС до 70 °С) используется теплоизоляция из вспененного каучука марок Thermoflex и K-Flex. Возможно использование теплоизоляционного покрытия.

На газоходах слой изоляции составляет 100 мм, на трубопроводах – 50 мм. Пробоотборники и другие трубы малого диаметра на данный момент никак не изолируются. Для исключения контакта с ними они располагаются на большой высоте. Тем не менее эти трубы влияют на температуру рабочей среды.

Если учесть, что система вентиляции подобрана правильно и работает исправно, то необходимо обратить внимание на теплоизоляцию оборудования. В котельной уже имеются СКТЗ на котлах, теплообменниках, трубопроводах и т. д. Но при этом индекс ТНС все равно превышает допустимое значение. Это может быть связано с износом теплоизоляционных конструкций и покрытий, используемых в котельной. Причиной является повышенный уровень вибрации оборудования. Слой изолирующего материала рассыпается и сохнет, происходит утонение. Воздух рабочей зоны также нагревает трубопроводы с трубами малого диаметра, которые вообще не имеют теплоизоляции.

Согласно исследованиям, наибольшей теплоэффективностью обладает базальтовое волокно [1, 5].

Теплоизоляция котлоагрегатов рассчитывается вместе с котлом и составляет с ним один проект, поэтому котлы не нуждаются в дополнительной изоляции. Срок службы встроенной теплоизоляции будет равняться сроку эксплуатации котла. Чтобы также продлить и срок службы изоляции трубопроводов, как один из вариантов, можно рассмотреть сборно-разборное теплоизоляционное покрытие. Пример, как можно это осуществить, описывается в источнике [4].

Целесообразно также обратить внимание на современные теплоизоляционные средства. Разнообразие СКТЗ связано с большим количеством применяемых материалов и технологий их изготовления. Кроме классических вариантов, таких как базальтовое волокно и стеклопластик, возможно применение вспененного каучука и жидких теплоизоляционных покрытий. Последнее позволяет применять методы неразрушающего контроля для обнаружения поврежденных участков, что сокращает затраты на демонтаж изоляции.

Полностью переходить на подобные покрытия будет невыгодно. Но возможен вариант внедрения новых теплоизоляционных технологий на отдельных участках оборудования котельной, в зависимости от исходной температуры

и сложности конструкции. Например, их можно будет использовать для изоляции трубопроводов с небольшими диаметрами, которые до этого не имели теплоизоляции, но участвовали в нагреве окружающего воздуха [2].

Слой жидкого теплоизоляционного покрытия обуславливается температурными характеристиками исходного оборудования и зависимости разницы температуры на выходе от толщины покрытия.

Методика расчета толщины тепловой изоляции прописана в СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».

Используя данные табл. 2, проводится расчет теплоизоляционного слоя. Результаты представлены на рис. 1.

Таблица 2. Исходные данные для расчёта изолирующего слоя под оцинкованную сталь

№ п/п	Наименование	Значение			
		Паропроводы	Сети теплоснабжения (подающий трубопровод)	Сети теплоснабжения (обратный трубопровод)	Трубопроводы питательной воды
1	Участок оборудования				
2	Исходная температура, °С	≤ 170	150	70	102
3	t_{oc} , °С	-33			
4	$t_{ст1}$, °С	168	148	68	100
5	$t_{ст2}$, °С	-17	-19	-22	-19
6	$q_{пот}$ (по таблице)	174	150	116	150
7	Изоляционный материал	Базальтовое волокно			
8	$\lambda_{ст}$, Вт/м·К	0,037			

№ п/п	Участок	Температура, °С	t_{oc} , °С	$t_{ст1}$, °С	$q_{пот}$	$t_{ст2}$, °С	$\lambda_{ст}$, Вт/м·К	$\delta_{ст}$, м	α	$q_{пот.расч.}$
1	Паропроводы	170	-33	168	174	-17	0,037	0,0393	10,86	173,76
2	Сети теплоснабжения (подающий)	150	-33	148	150	-19	0,037	0,0412	10,72	150,08
3	Сети теплоснабжения (обратный)	70	-33	68	116	-22	0,037	0,0287	10,51	115,61
4	Трубопроводы питательной воды	102	-33	100	150	-19	0,037	0,0294	10,72	150,08
5										
6										

Рис. 1. Результаты расчета толщины слоя базальтового волокна в Excel

Значение необходимой толщины теплоизоляции укладывается в стандартные 50 мм.

После определения материалов и расчета величины теплоизоляционного слоя базальтового волокна необходимо рассчитать площадь поверхности изолируемого оборудования, а также площадь поверхности трубопроводов с малым диаметром, для которых необходимо узнать объем затрат на жидкие теплоизоляционные покрытия.

Вид трубопровода, диаметр труб и их длина представлены в табл. 3.

Таблица 3. Размеры трубопроводов для расчёта количества теплоизоляционного материала

№ п/п	Оборудование	Размеры		
		D_v , мм	L , м	
1	Паровой коллектор	42,6	50	
2	Паропроводы котлов	219	40	
3	Паропроводы на собственные нужды	150	50	
4	Конденсатопроводы	108	100	
5	Трубопроводы питательной воды	325	80	
6	Сети теплоснабжения		Прямой трубопровод	Обратный трубопровод
6.1	Сети теплоснабжения	426	90	30
6.2	Сети теплоснабжения	530	70	70
6.3	Сети теплоснабжения	219	150	–
7	Трубы малого диаметра	15	140	

Расчет площади поверхности трубопроводов производились в электронных таблицах. Таблица с результатами расчета представлена на рис. 5.

№ п/п	Оборудование	Размеры		Площадь поверхности S, м ²	
		D_v , м	L , м		
1	Паровой коллектор	0,0426	50	6,6882	
2	Паропроводы котлов	0,219	40	27,5064	
3	Паропроводы на собственные нужды	0,15	50	23,55	
4	Конденсатопроводы	0,108	100	33,912	
5	Трубопроводы питательной воды	0,325	80	81,64	
6	Сети теплоснабжения		Прямой трубопровод	Обратный трубопровод	
a	Сети теплоснабжения	0,426	90	30	120,3876
б	Сети теплоснабжения	0,53	70	70	116,494
с	Сети теплоснабжения	0,219	150	-	103,149
7	Трубы малого диаметра	0,015	140		6,594

Рис. 5. Расчет площади поверхности оборудования

Суммарная площадь поверхности составила 513,33 м².

Используя данные о площади поверхности, толщине слоя, а также зная технические и ценовые характеристики выбранных вариантов базальтового волокна, можно рассчитать стоимость каждого из них (табл. 4).

Таблица 4. Затраты на базальтовое волокно

№ п/п	Наименование	Сумма за шт., руб.	Количество, шт.	Стоимость материала на рассчитанную площадь поверхности, руб.
1	Маты URSA GEO M-11 2шт. 10000×1200×50 (24 м ²)	4515 руб./рулон	22	99 330
2	Маты URSA GEO M-25 1шт. 9000×1200×50 (10,8 м ²)	3277 руб./рулон	48	157 296
3	Маты URSA Теплостандарт 2шт. 10000×1200×50 (16 м ²)	2882 руб./рулон	32	92 224

Наиболее выгодным вариантом по стоимости является использование матов URSA «Теплостандарт». От других вариантов его отличает технология производства, что не сказывается на его изоляционных характеристиках.

Аналогичным образом, зная, что суммарная площадь поверхности труб с малым диаметром составляет 6,59 м², можно провести сравнительный анализ и для вариантов жидкого теплоизоляционного покрытия (табл. 5).

Наиболее предпочтительным вариантом оказалось покрытие марки АК-ТЕРМ. Оно выгодно выделяется по стоимости и сроку эксплуатации.

Таблица 5. Затраты на жидкие теплоизоляционные покрытия

№ п/п	Показатель	Наименование		
		Теплокор 2 в 1 Антиконденсат 20л	Актерм 10л	Корунд Антикор 10л
1	Температурный диапазон, °С	От -30 до +150	От -60 до +250	От -60 до +200
2	Плотность, г/см ³	0,8	0,8	0,8
3	Антикоррозионное действие	+	+	+
4	Время высыхания, ч	3	3	2
5	Срок эксплуатации, лет	10	12	10
6	Сумма за шт., руб.	7 860	4 500	6 500
7	Количество, шт.	1	2	2
8	Стоимость материала на рассчитанную площадь поверхности, руб.	7 860	9 000	13 000

Для наружного слоя теплоизоляционной конструкции используется оцинкованная сталь. Предположительно замене из-за износа подлежит 25 % площади поверхности. Это примерно 129 м². Расчетная стоимость листов стали приведена в табл. 6.

Таблица 6. Затраты на оцинкованную сталь

№ п/п	Наименование	Сумма за шт., руб.	Количество, шт.	Стоимость материала на 25 % рассчитанной площади поверхности, руб.
1	Лист стальной оцинкованный 2500×1250×0,55 мм	2 499	45	112 455

После проведения технических мероприятий по снижению тепловой нагрузки среды в котельной необходимо провести внеплановую специальную оценку условий труда (табл. 7).

Таблица 7. Предполагаемые результаты внеплановой СОУТ рабочего места оператора котельной

№ п/п	Наименование фактора производственной среды и трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда						
		1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
1	Шум			+				
2	Инфразвук		+					
3	Вибрация общая		+					
4	Неионизирующее излучение		+					
5	Параметры микроклимата			+				
6	Параметры световой среды		+					
7	Напряженность трудового процесса	+						
Итоговый класс (подкласс) условий труда					3.1			
Дополнительные взносы в пенсионный фонд		2 %						

Данные о результатах внеплановой СОУТ должны быть переданы Фонду социального страхования. Эта информация используется для определения размеров страховых взносов.

Изначальный класс условий труда оператора котельной был равен 3.2. Дополнительные взносы в пенсионный фонд составляют на данный момент 4 % от тарифа страховых взносов. После модернизации теплоизоляции и изменения класса условий труда на 3.1 дополнительные взносы будут составлять 2 % от тарифа страховых взносов. Также исчезнет необходимость в дополнительном оплачиваемом отпуске.

Заключение

После проведения предложенных мероприятий по теплоизоляции оборудования в котельной улучшатся условия труда оператора котельной, вследствие чего изменится класс условий труда в лучшую сторону. Проведенные необходимые расчеты дают точное представление о необходимых затратах по материалам. В результате у работодателя появится возможность сократить расходы на льготы и компенсации.

Список использованных источников и литературы

1. Бурлуцкая, В. Г. Сравнительный анализ параметров утеплителей на основе волокнистых материалов: стекловата и базальтовая вата / В. Г. Бурлуцкая, Т. С. Гунченко // IV Международный студенческий строительный форум – 2019 : сборник докладов (К 65-летию БГТУ им. В. Г. Шухова), Белгород, 26 ноября 2019 года. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2019. – С. 237–244.
2. Жидкая теплоизоляция – быть или не быть? / С. А. Шатрова, Н. В. Ануфриев, Д. С. Максимцев, А. О. Щурин // Современные научные исследования и разработки. – 2018. – № 1(18). – С. 460–461.
3. Ибрагимова, З. М. Влияние повышенной температуры микроклимата рабочего места на работоспособность работника / З. М. Ибрагимова // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности : материалы VI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 22–27 апреля 2019 года / под общей редакцией Н. Ю. Ермиловой, И. Е. Степановой. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2019. – С. 179–180.
4. Патент № 2343340 С1 Российская Федерация, МПК F16L 59/00, F16L 59/02. Способ осуществления сборно-разборного теплоизоляционного покрытия трубопровода : № 2007120773/06 : заявл. 04.06.2007 : опубл. 10.01.2009 / С. С. Кузьмин ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Группа компаний «Сибирский ориентир».
5. Спицына, О. О. Актуальные проблемы и перспективы развития теплоизоляции трубопроводов / О. О. Спицына, Т. Б. Жиргалова // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере : материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. – 2017. – Т. 5, № 1. – С. 211–216.

A. A. Zorina, bachelor, e-mail: yuta.zorina@gmail.com;

A. P. Tyurin, DSc in Engineering, Professor

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Development of measures to reduce the thermal load of the environment in the production boiler house of the enterprise

The article is devoted to the issues of substantiation and development of measures to reduce the heat load of the environment in an industrial boiler house. The microclimate is considered as a harmful factor in the production process based on the materials of a special assessment of the working conditions of the workplace of the boiler operator. An analysis of the impact of elevated temperatures on the worker's body and an assessment of the influence of a harmful factor on the overall working capacity and ability to concentrate the worker's attention are carried out, possible consequences in the state of health are indicated. The methods already available in the boiler house to reduce the heat load are analyzed and some options for heat-insulating coatings that can be applied as part of the developed measures are considered. Calculations of the quantity and cost of the selected materials for the considered boiler house were made. The rationale is given for increasing the interest of employers in improving the working conditions of employees.

Keywords: working conditions, working area microclimate, labor protection, thermal insulation of pipelines, liquid thermal insulation.

А. А. Ившина, студент, lina.ivshina@list.ru
И. Д. Стерхов, студент
Д. Н. Попов, канд. техн. наук, доц.
Д. А. Хворенков, канд. техн. наук, доц.
А. А. Лебедева, ст. преподаватель
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Методика расчета остывания жидкости при ее движении в протяженных трубопроводных системах

На основе фундаментальных законов теплопроводности и гидромеханики разработана и численно реализована методика расчета потерь тепла в окружающую среду и изменение температуры жидкой или газообразной среды при ее транспортировании в протяженных и разветвленных гидросистемах. Методика распространяется на вертикальные и горизонтальные участки труб с различными теплоизоляционными покрытиями и внешними условиями теплообмена. Используются зависимости изменения теплофизических характеристик транспортируемых жидкостей от температуры, которые представляются для удобства компьютерной реализации в виде регрессионных соотношений, полученных на основе справочной информации. Для осуществления расчета гидравлическая сеть разбивается на отдельные участки, транспортирующие постоянный расход среды, а те, в свою очередь – на конечное, определяемое исходя из условий сходимости решения, число цилиндрических элементов. Для каждой такой составляющей части рассчитываются коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи с привлечением хорошо зарекомендовавших себя критериальных уравнений, количество теплоты, проходящей через многослойную цилиндрическую стенку, величина остывания жидкости. Применительно для систем горячего водоснабжения многоквартирных жилых домов представлены результаты расчетов.

Ключевые слова: теплофизические характеристики, теплопередача, многослойная цилиндрическая стенка, системы горячего водоснабжения, остывание воды.

Важным этапом при проектировании и эксплуатации инженерных систем является оценка потерь тепла в окружающую среду от транспортируемой жидкости и ее качества у конечного потребителя. С подобного рода вопросами сталкиваются:

- организации жилищно-коммунального сектора при анализе функционирования водопроводных, канализационных сетей, инженерных систем зданий и сооружений;
- нефте- и газодобывающие компании при оценке изменения параметров углеводородов, транспортируемых по стволу скважины и трубопроводам промысла;

- организации, занимающиеся проектированием и эксплуатацией систем дальнего транспорта нефти или газа при обеспечении требуемых режимов и исключении неблагоприятных факторов, связанных, например, с отложением парафинов, образованием кристаллогидратов и т. д.;

- разработчики и эксплуатационные службы теплогенерирующей техники, тепло- и массообменных аппаратов в стремлении достижения интенсификации протекающих в них процессов.

В интересах ООО «Городская УК» (г. Ижевск) авторами были выполнены работы по научно-исследовательской теме «Инженерно-техническое обследование общедомовой системы горячего водоснабжения в многоквартирных жилых домах».

Расчетные расходы для систем горячего водоснабжения были определены по СП 30.13330.2020, в соответствии с расчетным количеством водопотребителей и числом установленных санитарно-технических приборов.

Как следует из анализа литературных источников [1, 2], параметры воздушной среды в помещениях, где располагаются трубопроводы горячей воды, характеризуются относительно небольшими (в диапазоне 18...22 °С) изменениями температуры, что дает основание к использованию следующих постоянных значений для последующих расчетов:

- плотность воздуха – $\rho_B = 1,166 \text{ кг/м}^3$;
- изобарная теплоемкость воздуха – $c_B = 1000 \text{ Дж/(кг·К)}$;
- теплопроводность воздуха – $\lambda_B = 0,0258 \text{ Вт/(м·К)}$;
- коэффициент кинематической вязкости воздуха – $\nu_B = 15,61 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- число Прандтля воздуха – $Pr_B = 0,71$.

В отличие от теплофизических характеристик воздуха, предполагается значительное снижение температуры транспортируемой воды. Поэтому для дальнейших расчетов потребуются регрессионные соотношения, полученные при использовании опытных данных [2] (табл. 1) и вычислительной процедуры SVD [3], которая реализует метод наименьших квадратов с сингулярным разложением матрицы.

Таблица 1. Теплофизические параметры воды в рассматриваемом диапазоне температур

Температура воды $t_{ж}$, °С	Плотность воды $\rho_{ж}$, кг/м ³	Теплоемкость воды $c_{ж}$, Дж/(кг·К)	Теплопроводность воды $\lambda_{ж}$, Вт/(м·К)	Коэффициент динамической вязкости воды $\mu_{ж} \cdot 10^6$, Па·с	Число Прандтля воды $Pr_{ж}$
0	999,9	4212	0,551	1788	13,67
10	999,7	4191	0,574	1306	9,52
20	998,2	4183	0,599	1004	7,02
30	995,6	4174	0,618	801,5	5,42
40	992,1	4174	0,635	653,3	4,31
50	988,0	4174	0,648	549,4	3,54
60	983,1	4179	0,659	469,9	2,98
70	977,8	4187	0,668	406,1	2,55

Так, для плотности воды результат обработки данных табл. 1 имеет вид:

$$\rho_{\text{ж}} = 1,0002 \cdot 10^3 - 3,0238 \cdot 10^{-2} t_{\text{ж}} - 4,1905 \cdot 10^{-3} t_{\text{ж}}^2. \quad (1)$$

а максимальная относительная погрешность $\delta_{\text{МАХ}}$ здесь не превышает 0,029 %.

Аналогичным образом можно рассмотреть:

– теплоемкость воды ($\delta_{\text{МАХ}} = 0,075$ %)

$$c_{\text{ж}} = 4,21 \cdot 10^3 - 1,7786 t_{\text{ж}} + 2,0952 \cdot 10^{-2} t_{\text{ж}}^2; \quad (2)$$

– теплопроводность воды ($\delta_{\text{МАХ}} = 0,29$ %)

$$\lambda_{\text{ж}} = 5,5033 \cdot 10^{-1} + 2,6762 t_{\text{ж}} - 1,4286 \cdot 10^{-5} t_{\text{ж}}^2; \quad (3)$$

– коэффициент кинематической вязкости воды ($\delta_{\text{МАХ}} = 0,75$ %)

$$\mu_{\text{ж}} = (1,7867 \cdot 10^3 - 5,8394 \cdot 10^1 t_{\text{ж}} + 1,2097 \cdot t_{\text{ж}}^2 - 1,4059 \cdot 10^{-2} t_{\text{ж}}^3 + 6,6761 \cdot 10^{-5} t_{\text{ж}}^4) \cdot 10^{-6}; \quad (4)$$

– критерия Прандтля для воды ($\delta_{\text{МАХ}} = 1,042$ %)

$$\text{Pr}_{\text{ж}} = 1,3659 \cdot 10^1 - 5,108 \cdot 10^{-1} t_{\text{ж}} + 1,1332 \cdot 10^{-2} t_{\text{ж}}^2 - 1,3594 \cdot 10^{-4} t_{\text{ж}}^3 + 6,5625 \cdot 10^{-7} t_{\text{ж}}^4. \quad (5)$$

Учитывая тот факт, что температура воды $t_{\text{ж}}$ претерпевает снижение по длине участков сети, а теплофизические характеристики зависят от температуры, дальнейшие вычисления построены циклическим образом. Для этого, каждый расчетный участок, транспортирующий постоянный расход, разбивается на N элементов по длине и предполагается, что в пределах одного k -го ($k = 1, 2, \dots, N$) элемента $t_{\text{ж}}^k$ остается неизменной. Таким образом, данная температура и иные характеристики представляются в виде кусочно-линейных функций.

В пределах каждого элемента рассчитывается количество переданного воздуха помещений тепла:

$$\Delta Q = q_l \Delta l, \quad (6)$$

где Δl – длина элемента; q_l – линейная плотность теплового потока, рассчитываемая по формуле

$$q_l = k_l \pi (t_{\text{ж}}^k - t_{\text{в}}). \quad (7)$$

Коэффициент теплопередачи здесь в общем случае определяется выражением:

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}}}, \quad (8)$$

где $d_1 = D_H - 2s$ – внутренний диаметр трубы $D_H \times s$; $d_{n+1} = D_H + 2\delta_{\text{ИЗ}}$ – наружный диаметр трубы или изоляции.

Входящие в (8) коэффициенты теплоотдачи определяются через числа Нуссельта:

$$\alpha_1 = \frac{\text{Nu}_1 \lambda_{\text{ж}}}{d_1} \text{ и } \alpha_2 = \frac{\text{Nu}_2 \lambda_B}{d_{n+1}}. \quad (9)$$

Были приняты к использованию следующие критериальные уравнения [4]:

– для теплоотдачи от воды к внутренней стенке трубы:

$$\text{Nu}_1 = \begin{cases} 0,15 \text{Re}_{\text{ж}}^{0,32} \text{Pr}_{\text{ж}}^{0,33} (\text{Gr}_{\text{ж}} \text{Pr}_{\text{ж}})^{0,1} \left(\frac{\text{Pr}_{\text{ж}}}{\text{Pr}_C} \right)^{0,25} & \text{при } \text{Re}_{\text{ж}} < 2320, \\ 0,021 \text{Re}_{\text{ж}}^{0,8} \text{Pr}_{\text{ж}}^{0,43} \left(\frac{\text{Pr}_{\text{ж}}}{\text{Pr}_C} \right)^{0,25} & \text{при } \text{Re}_{\text{ж}} \geq 2320; \end{cases} \quad (10)$$

– для теплоотдачи от наружной поверхности вертикальной трубы:

$$\text{Nu}_2 = \begin{cases} 0,8 (\text{Gr}_B \text{Pr}_B)^{0,25} \left[1 + \left(1 + \frac{1}{\sqrt{\text{Pr}_B}} \right)^2 \right]^{-0,25} & \text{при } \text{Gr}_B \text{Pr}_B \leq 1 \cdot 10^9, \\ 0,15 (\text{Gr}_B \text{Pr}_B)^{0,333} & \text{при } \text{Gr}_B \text{Pr}_B > 1 \cdot 10^9 \end{cases} \quad (11')$$

– для теплоотдачи от поверхности изоляции горизонтальной трубы:

$$\text{Nu}_2 = 0,47 \text{Gr}_B^{0,25}. \quad (11'')$$

В этих соотношениях: $\text{Re}_{\text{ж}} = \frac{\rho_{\text{ж}} V d_1}{\mu_{\text{ж}}}$ – число Рейнольдса для воды;

$\text{Gr}_{\text{ж}} = \frac{\rho_{\text{ж}}^2 g \beta_{\text{ж}} \Delta t' d_1^3}{\mu_{\text{ж}}^2}$ – число Грасгофа для воды; $\text{Gr}_B = \frac{g \beta_B \Delta t'' d_{n+1}^3}{V_B^2}$ – число Грасгофа для воздуха;

$\text{Pr}_C = 1,3659 \cdot 10^1 - 5,108 \cdot 10^{-1} t_1 + 1,1332 \cdot 10^{-2} t_1^2 - 1,3594 \cdot 10^{-4} t_1^3 + 6,5625 \cdot 10^{-7} t_1^4$ – число Прандтля воды, вычисленное при температуре стенки

$t_1 = t_{\text{ж}}^k - \frac{q_l}{\alpha_1 \pi d_1}$; $V = \frac{4q}{1000 \pi d_1^2}$ – средняя скорость движения воды; $\Delta t' = t_{\text{ж}}^k - t_1$ и

$\Delta t'' = t_{n+1} - t_B$ – перепады температур, определяющие конвективный теплообмен;

$t_{n+1} = t_B + \frac{q_l}{\alpha_2 \pi d_{n+1}}$ – температура на наружной поверхности стенки или изоляции;

$\beta_{\text{ж}} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ – коэффициент температурного расширения жидкости;

$\beta_B = \frac{1}{t_B + 273,15}$ – коэффициент температурного расширения воздуха.

Температура воды на входе в последующий элемент участка трубы тогда составит:

$$t_{\text{ж}}^{k+1} = t_{\text{ж}}^k - \frac{1000 \Delta Q}{c_{\text{ж}} \rho_{\text{ж}} q}. \quad (12)$$

Описанная процедура полностью эквивалентна численному решению обыкновенного дифференциального уравнения:

$$\frac{dQ}{dl} = q_l$$

одношаговым методом Эйлера [5].

Результаты расчетов для системы горячего водоснабжения пятиэтажного многоквартирного жилого дома

При проведении расчетов дополнительно были использованы:

- сведения, изложенные в техническом задании;
- план типового этажа с размещением санитарно-технических приборов;
- схема сети (рис. 1), разбитая на расчетные участки, транспортирующие постоянный расход воды.

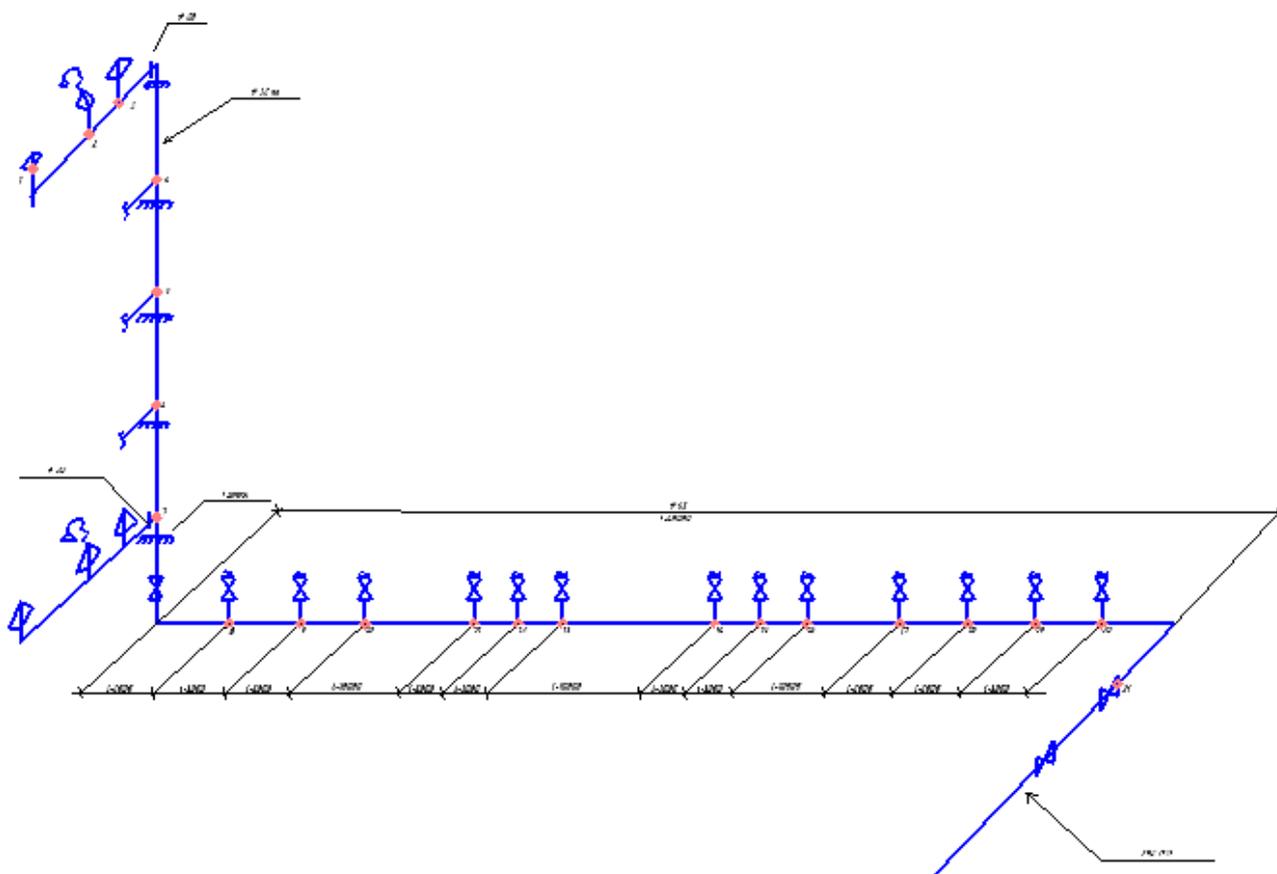


Рис. 1. Расчетная схема сети горячего водоснабжения пятиэтажного жилого дома

Расчет проводился для следующих характерных вариантов:

1. Работа сети при максимальном водоразборе (утренние и вечерние часы):
 - а) трубопроводы выполнены из стали с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{СТ} = 53,6 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;
 - б) использованы трубопроводы PPRC с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{ППР} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.
2. Работа сети при минимальном водоразборе $q = 0,09 \text{ л}/\text{с}$ (ночные часы):

а) трубопроводы выполнены из стали с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{СТ} = 53,6 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

б) использованы трубопроводы PPRC с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{ПЭ} = 0,23 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Трубопроводы, прокладываемые в подвале, покрыты тепловой изоляцией K-FLEX (коэффициент теплопроводности $\lambda_{ИЗ} = 0,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$) толщиной $\delta_{ИЗ} = 0,009 \text{ м}$.

Результаты расчетов по соотношениям (1)–(12) представлены в табл. 2–5.

Таблица 2. Изменение температуры на участках сети горячего водоснабжения, выполненной из стали, при максимальном водоразборе (вариант 1А)

№ уч.	Расход $q, \text{ л/с}$	Наружный диаметр на толщину стенки $D_H \times s, \text{ мм}$	Длина участка $l, \text{ м}$	Температура в начале участка $t_{:Ж}^H, \text{ }^\circ\text{C}$	Температура в конце участка $t_{:Ж}^K, \text{ }^\circ\text{C}$	Перепад температуры на участке $\Delta t_{:Ж}, \text{ }^\circ\text{C}$	Примечание	
1	2	3	4	5	6	7	8	
20-21	1,22	89×3,5	5	60	59,9724	0,0276	Ввод	
19-20	1,17	57×3,5	3	59,9724	59,9598	0,0126	Магистраль	
18-19	1,12		3	59,9598	59,9466	0,0132		
17-18	1,07		3	59,9466	59,9328	0,0138		
16-17	1,01		10	59,9328	59,8857	0,0471		
15-16	0,95		3	59,8857	59,8702	0,0155		
14-15	0,89		3	59,8702	59,8536	0,0166		
13-14	0,83		10	59,8536	59,7964	0,0572		
12-13	0,77		3	59,7964	59,7773	0,0191		
11-12	0,7		3	59,7773	59,7563	0,021		
10-11	0,63		10	59,7563	59,6812	0,0751		
9-10	0,55		3	59,6812	59,6546	0,0266		
8-9	0,46		3	59,6546	59,6228	0,0318		
7-8	0,35		3	59,6228	59,5811	0,0417		
7-7	0,35		25×3,2	2,5	59,5811	59,5455		0,0356
6-7	0,33	3		59,5455	59,5005	0,045		
5-6	0,3	3		59,5005	59,4511	0,0494		
4-5	0,26	3		59,4511	59,3942	0,0569		
4-3`	0,22	3		59,3942	59,3271	0,0671		
3-3`	0,22	1,2		59,3271	59,3014	0,0257	Поэтажная разводка	
2-3	0,2	1		59,3014	59,2778	0,0236		
1-2	0,2	1		59,2778	59,2542	0,0235		

Таблица 3. Изменение температуры на участках сети горячего водоснабжения, выполненной из труб PPRC, при максимальном водоразборе (вариант 1Б)

№ уч.	Расход q , л/с	Наружный диаметр на толщину стенки $D_H \times s$, мм	Длина участка l , м	Температура в начале участка $t_{:ж}^H$, °С	Температура в конце участка $t_{:ж}^K$, °С	Перепад температуры на участке $\Delta t_{ж}$, °С	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
20-21	1,22	89×3,5	5	60	59,9724	0,0276	Ввод (сталь)
19-20	1,17	63×10,5	3	59,9724	59,9607	0,117	Магистраль
18-19	1,12		3	59,9607	59,9485	0,0122	
17-18	1,07		3	59,9485	59,9358	0,0127	
16-17	1,01		10	59,9358	59,8923	0,0435	
15-16	0,95		3	59,8923	59,878	0,0143	
14-15	0,89		3	59,878	59,8627	0,0153	
13-14	0,83		10	59,8627	59,8099	0,0528	
12-13	0,77		3	59,8099	59,7923	0,0176	
11-12	0,7		3	59,7923	59,7729	0,0194	
10-11	0,63		10	59,7729	59,703	0,0693	
9-10	0,55		3	59,703	59,6784	0,0246	
8-9	0,46		3	59,6784	59,6491	0,0293	
7-8	0,35		3	59,6491	59,6106	0,0385	
7-7`	0,35		32×5,4	2,5	59,6106	59,5737	
6-7	0,33	3		59,5737	59,5271	0,0466	
5-6	0,3	3		59,5271	59,4759	0,0512	
4-5	0,26	3		59,4759	59,417	0,0589	
4-3`	0,22	3		59,417	59,3475	0,0695	Позэтажная разводка
3-3`	0,22	1,2		59,3475	59,3208	0,0267	
2-3	0,2	1		59,3208	59,2964	0,0244	
1-2	0,2	1		59,2964	59,272	0,0244	

Таблица 4. Изменение температуры на участках сети горячего водоснабжения, выполненной из стали, при минимальном водоразборе (вариант 2А)

№ уч.	Расход q , л/с	Наружный диаметр на толщину стенки $D_H \times s$, мм	Длина участка l , м	Температура в начале участка $t_{:ж}^H$, °С	Температура в конце участка $t_{:ж}^K$, °С	Перепад температуры на участке $\Delta t_{ж}$, °С	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
20-21	0,09	89×3,5	5	60	59,6302	0,3698	Ввод
19-20		57×3,5	3	59,6302	59,4699	0,1603	Магистраль
18-19			3	59,4699	59,3104	0,1595	
17-18			3	59,3104	59,1516	0,1588	
16-17			10	59,1516	58,6446	0,507	
15-16			3	58,6446	58,489	0,1556	
14-15			3	58,489	58,3341	0,1549	
13-14			10	58,3341	57,8395	0,4946	
12-13			3	57,8395	57,6877	0,1518	

№ уч.	Расход q , л/с	Наружный диаметр на толщину стенки $D_H \times s$, мм	Длина участка l , м	Температура в начале участка $t_{:Ж}^H$, °С	Температура в конце участка $t_{:Ж}^K$, °С	Перепад температуры на участке $\Delta t_{:Ж}$, °С	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
11-12	0,09	25×3,2	3	57,6877	57,5366	0,1511	Стояк
10-11			10	57,5366	57,0541	0,4825	
9-10			3	57,0541	56,906	0,1481	
8-9			3	56,906	56,7586	0,1474	
7-8			3	56,7586	56,6119	0,1467	
7-7`			2,5	56,6119	56,4872	0,1247	
6-7		3	56,4872	56,3392	0,148	Стояк	
5-6		3	56,3392	56,192	0,1472		
4-5		3	56,192	56,0455	0,1465		
4-3`		3	56,0455	55,8998	0,1457		
3-3`		1,2	55,8998	55,844	0,0558	Поэтажная разводка	
2-3		1	55,844	55,7976	0,0464		
1-2		1	55,7976	55,7513	0,0463		

Таблица 5. Изменение температуры на участках сети горячего водоснабжения, выполненной из труб PPRC, при минимальном водоразборе (вариант 2Б)

№ уч.	Расход q , л/с	Наружный диаметр на толщину стенки $D_H \times s$, мм	Длина участка l , м	Температура в начале участка $t_{:Ж}^H$, °С	Температура в конце участка $t_{:Ж}^K$, °С	Перепад температуры на участке $\Delta t_{:Ж}$, °С	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
20-21	0,09	89×3,5	5	60	59,6302	0,3698	Ввод (сталь)
19-20		63×10,5	3	59,6302	59,4819	0,1483	Магистраль
18-19			3	59,4819	59,3343	0,1476	
17-18			3	59,3343	59,1873	0,147	
16-17			10	59,1873	58,7175	0,4698	
15-16			3	58,7175	58,5732	0,1443	
14-15			3	58,5732	58,4295	0,1437	
13-14			10	58,4295	57,9702	0,4593	
12-13			3	57,9702	57,8291	0,1411	
11-12			3	57,8291	57,6886	0,1405	
10-11			10	57,6886	57,2396	0,449	
9-10			3	57,2396	57,1017	0,1379	
8-9			3	57,1017	56,9644	0,1373	
7-8			3	56,9644	56,8277	0,1367	
7-7`		2,5	56,8277	56,6828	0,1449	Стояк	
6-7		3	56,6828	56,5109	0,1719		
5-6		3	56,5109	56,34	0,1709		
4-5		3	56,34	56,1701	0,1699		
4-3`		3	56,1701	56,0012	0,1689		

№ уч.	Расход q , л/с	Наружный диаметр на толщину стенки $D_H \times s$, мм	Длина участка l , м	Температура в начале участка $t_{:Ж}^H$, °С	Температура в конце участка $t_{:Ж}^K$, °С	Перепад температуры на участке $\Delta t_{:Ж}$, °С	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
3-3`			1,2	56,0012	55,943	0,0582	Поэтажная разводка
2-3			1	55,943	55,8946	0,0484	
1-2			1	55,8946	55,8462	0,0484	

Результаты расчетов для системы горячего водоснабжения девятиэтажного многоквартирного жилого дома. При проведении расчетов дополнительно были использованы:

- сведения, изложенные в техническом задании;
- план типового этажа с размещением санитарно-технических приборов;
- схема сети (рис. 2), разбитая на расчетные участки, транспортирующие постоянный расход воды.

Расчет проводился для тех же самых вариантов, что и в предыдущем случае. Результаты расчетов по соотношениям (1)–(12) показаны в табл. 6–9.

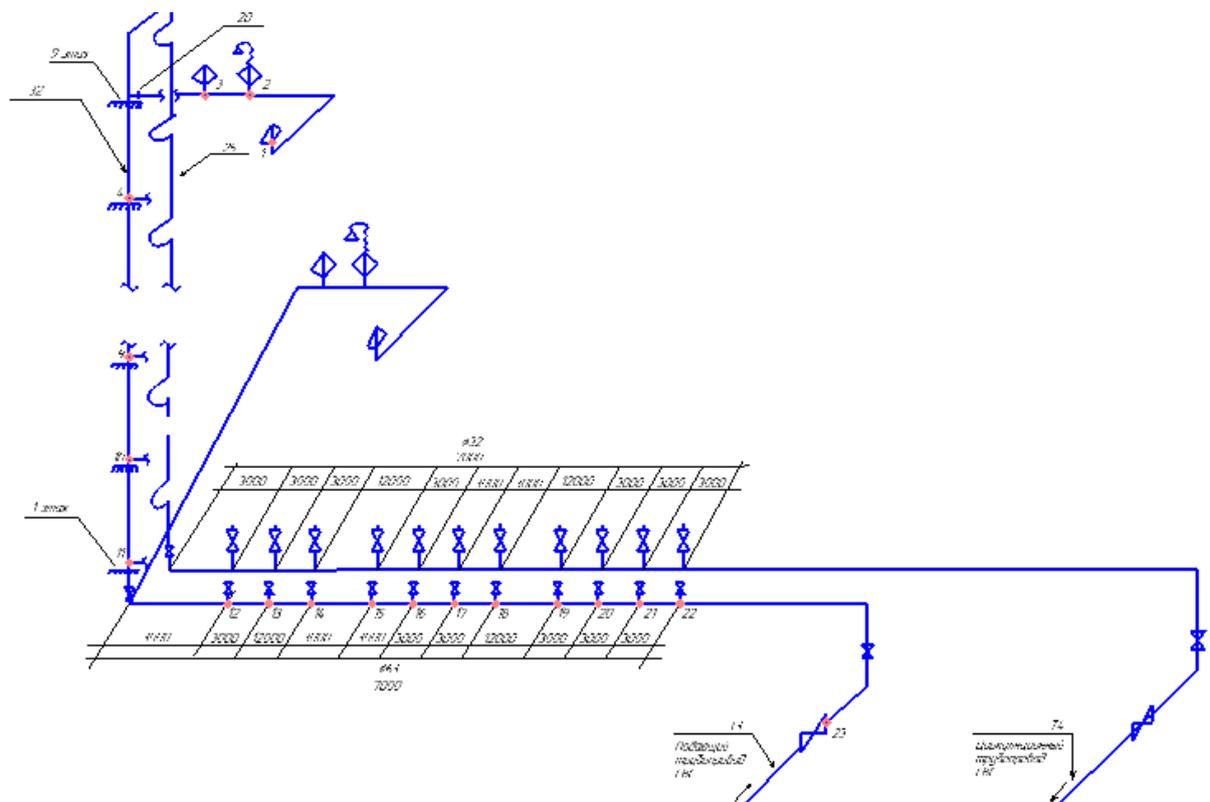


Рис. 2. Расчетная схема сети горячего водоснабжения девятиэтажного жилого дома

Таблица 6. Изменение температуры воды на участках сети горячего водоснабжения, выполненной из стали, при максимальном водоразборе (вариант 1А)

№ уч.	Расход q , л/с	Наружный диаметр на толщину стенки $D_H \times s$, мм	Длина участка l , м	Температура в начале участка $t_{:ж}^H$, °С	Температура в конце участка $t_{:ж}^K$, °С	Перепад температуры на участке $\Delta t_{:ж}$, °С	Примечание	
1	2	3	4	5	6	7	8	
22-23	1,82	89×3,5	3,2	60	59,9878	0,0122	Ввод Т3	
21-22	1,73	63×3,5	3	59,9878	59,9783	0,0095	Подающая магистраль	
20-21	1,64		3	59,9783	59,9683	0,01		
19-20	1,54		12	59,9683	59,9272	0,0411		
18-19	1,45		3	59,9272	59,9159	0,0113		
17-18	1,34		3	59,9159	59,9037	0,0122		
16-17	1,24		12	59,9037	59,8528	0,0509		
15-16	1,13		3	59,8528	59,8384	0,0144		
14-15	1,02		3	59,8384	59,8224	0,016		
13-14	0,88		12	59,8224	59,7509	0,0715		
12-13	0,75		3	59,7509	59,7293	0,0216		
11`-12	0,57		3	59,7293	59,7009	0,0284		
11-11`	0,57		32×3,2	2,5	59,7009	59,6732		0,0277
10-11	0,55	3		59,6732	59,639	0,0342		
9-10	0,53	3		59,639	59,6035	0,0355		
8-9	0,5	3		59,6035	59,566	0,0375		
7-8	0,47	3		59,566	59,5261	0,0399		
6-7	0,44	3		59,5261	59,4836	0,0425		
5-6	0,41	3		59,4836	59,438	0,0456		
4-5	0,37	3		59,438	59,3876	0,0504		
3`-4	0,33	3		59,3876	59,3312	0,0564		
3-3`	0,33	1,5		59,3312	59,3041	0,0271	Поэтажная разводка	
2-3	0,31	1		59,3041	59,2849	0,0192		
1-2	0,3	1		59,2849	59,2651	0,0198		
–	0,1	25×3,2	30	59,2651	57,8781	1,387	Циркуляционный стояк	
–	0,1	32×3,2	13,5	57,8781	57,1264	0,7517	Полотенцесушители	
–	0,1	25×3,2	70	57,1264	55,4671	1,6593	Циркуляционная магистраль	
–	0,1	57×3,5	3,7	55,4671	55,3118	0,1553	Ввод Т4	

Таблица 7. Изменение температуры воды на участках сети горячего водоснабжения, выполненной из труб PPRC, при максимальном водоразборе

№ уч.	Расход q , л/с	Наружный диаметр на толщину стенки $D_H \times s$, мм	Длина участка l , м	Температура в начале участка $t_{:Ж}^H$, °C	Температура в конце участка $t_{:Ж}^K$, °C	Перепад температуры на участке $\Delta t_{:Ж}$, °C	Примечание	
1	2	3	4	5	6	7	8	
22-23	1,81	89×3,5	3,2	60	59,9878	0,0122	Ввод Т3 (сталь)	
21-22	1,72	63×10,5	3	59,9878	59,9799	0,079	Подающая магистраль	
20-21	1,63		3	59,9799	59,9716	0,0083		
19-20	1,53		12	59,9716	59,9373	0,0343		
18-19	1,44		3	59,9373	59,9279	0,094		
17-18	1,33		3	59,9279	59,9177	0,0102		
16-17	1,23		12	59,9177	59,8752	0,0425		
15-16	1,12		3	59,8752	59,8632	0,012		
14-15	1,01		3	59,8632	59,8499	0,0133		
13-14	0,87		12	59,8499	59,7902	0,597		
12-13	0,74		3	59,7902	59,7721	0,0181		
11`-12	0,56		3	59,7721	59,7483	0,0238		
11-11`	0,56		32×5,4	2,5	59,7483	59,7255		0,0228
10-11	0,54	3		59,7255	59,6974	0,0281		
9-10	0,52	3		59,6974	59,6682	0,0292		
8-9	0,49	3		59,6682	59,6373	0,0309		
7-8	0,46	3		59,6373	59,6045	0,0328		
6-7	0,43	3		59,6045	59,5695	0,035		
5-6	0,4	3		59,5695	59,532	0,0375		
4-5	0,36	3		59,532	59,4905	0,0415		
3`-4	0,32	3		59,4905	59,444	0,0465		
3-3`	0,32	1,5		59,444	59,4217	0,0223	Позэтажная разводка	
2-3	0,3	1		59,4217	59,4059	0,0158		
1-2	0,29	1		59,4059	59,3896	0,0163		
–	0,09		30	59,3896	57,9489	1,4407	Циркуляционный стояк	
–	0,09	32×3,2	13,5	57,9489	57,1955	0,7534	Полотенцесушители (сталь)	
–	0,09	32×5,4	70	57,1955	55,4195	1,776	Циркуляционная магистраль	
–	0,09	57×3,5	3,7	55,4195	55,2644	0,1551	Ввод Т4 (сталь)	

Таблица 8. Изменение температуры воды на участках сети горячего водоснабжения, выполненной из стали, при минимальном водоразборе (вариант 2А)

№ уч.	Расход q , л/с	Наружный диаметр на толщину стенки $D_H \times s$, мм	Длина участка l , м	Температура в начале участка $t_{:Ж}^H$, °С	Температура в конце участка $t_{:Ж}^K$, °С	Перепад температуры на участке $\Delta t_{:Ж}$, °С	Примечание		
1	2	3	4	5	6	7	8		
22-23	0,19	89×3,5	3,2	60	59,8847	0,1153	Ввод ТЗ		
21-22			3	59,8847	59,8016	0,0831	Подающая магистраль		
20-21			3	59,8016	59,7187	0,0829			
19-20			12	59,7187	59,3998	0,3189			
18-19			3	59,3998	59,3179	0,819			
17-18			3	59,3179	59,2362	0,0817			
16-17			12	59,2362	58,9218	0,3144			
15-16			3	58,9218	58,8411	0,0807			
14-15			3	58,8411	58,7606	0,0805			
13-14			12	58,7606	58,4507	0,3099			
12-13			3	58,4507	58,3711	0,0796			
11`-12`			3	58,3711	58,2917	0,794			
11-11`			32×3,2	2,5	2,5	58,2917		58,2126	0,791
10-11		3			58,2126	58,1186		0,094	
9-10		3			58,1186	58,0249	0,0937		
8-9		3			58,0249	57,9315	0,0934		
7-8		3			57,9315	57,8384	0,0931		
6-7		3			57,8384	57,7456	0,0928		
5-6		3			57,7456	57,6531	0,0925		
4-5		3			57,6531	57,5608	0,0923		
3`-4`		3			57,5608	57,4688	0,092		
3-3`	1,5	57,4688			57,4247	0,0441	Позэтажная разводка		
2-3	1	57,4247	57,3954	0,0293					
1-2	1	57,3954	57,3661	0,0293					
–	0,1	25×3,2	30	57,3661	56,0631	1,303	Циркуляционный стояк		
–	0,1	32×3,2	13,5	56,0631	55,3565	0,7065	Полотенцесушители		
–	0,1	25×3,2	70	55,3565	53,7885	1,568	Циркуляционная магистраль		
–	0,1	57×3,5	3,7	53,7885	53,6419	0,1466	Ввод Т4		

Таблица 9. Изменение температуры воды на участках сети горячего водоснабжения, выполненной из труб PPRC, при минимальном водоразборе

№ уч.	Расход q , л/с	Наружный диаметр на толщину стенки $D_H \times s$, мм	Длина участка l , м	Температура в начале участка $t_{:Ж}^H$, °C	Температура в конце участка $t_{:Ж}^K$, °C	Перепад температуры на участке $\Delta t_{:Ж}$, °C	Примечание	
1	2	3	4	5	6	7	8	
22-23	0,18	89×3,5	3,2	60	59,8784	0,1216	Ввод Т3 (сталь)	
21-22		63×10,5	3	59,8784	59,8033	0,0751	Подающая магистраль	
20-21			3	59,8033	59,7283	0,075		
19-20			12	59,7283	59,4397	0,2886		
18-19			3	59,4397	59,3655	0,0742		
17-18			3	59,3655	59,2915	0,074		
16-17			12	59,2915	59,0065	0,285		
15-16			3	59,0065	58,9333	0,0732		
14-15			3	58,9333	58,8602	0,0731		
13-14			12	58,8602	58,5789	0,2813		
12-13			3	58,5789	58,5066	0,0723		
11`-12			3	58,5066	58,4345	0,0721		
11-11`		32×5,4	2,5	58,4345	58,3655	0,069	Подающий стояк	
10-11			3	58,3655	58,3832	0,0823		
9-10			3	58,3832	58,3011	0,0821		
8-9			3	58,3011	58,2192	0,0819		
7-8			3	58,2192	58,1375	0,0817		
6-7			3	58,1375	58,056	0,0815		
5-6			3	58,056	57,9748	0,0812		
4-5			3	57,9748	57,8938	0,081		
3`-4			3	57,8938	57,813	0,0808		
3-3`			1,5	57,813	57,7742	0,0388		
2-3		1	57,7742	57,7484	0,0258	Позтажная Разводка		
1-2		1	57,7484	57,7226	0,0258			
–		0,09		30	57,7226	56,2087	1,5139	Циркуляционный стояк
–		0,09	32×3,2	13,5	56,2087	55,4216	0,7871	Полотенцесушители (сталь)
–	0,09	32×5,4	70	55,4216	53,563	1,8586	Циркуляционная магистраль	
–	0,09	57×3,5	3,7	53,563	53,4016	0,1614	Ввод Т4 (сталь)	

Обсуждение результатов

Из результатов расчетов следует, что незначительными потерями тепла характеризуется тупиковая сеть пятиэтажного жилого многоквартирного дома 335-й серии при максимальном водопотреблении. Полный перепад температуры воды здесь составил 0,75 °C при применении стальных труб и 0,73 °C при

использовании труб PPRC. При уменьшении водоразбора интенсивность теплообмена возрастает и в ночное время указанные перепады достигают 4,25 и 4,15 °С соответственно. Использование труб PPRC, как видно, не приводит к значительной экономии тепла.

Система горячего водоснабжения девятиэтажного жилого многоквартирного дома, оснащенная циркуляционными трубопроводами, имеет более значительную теплопередачу от воды к воздуху помещений. Так, при максимальном водопотреблении полный перепад температуры на вводе достигает 4,69 °С для стальных труб и 4,74 °С для труб PPRC. Использование последних из-за меньшего циркуляционного расхода вообще не приводит к экономии энергии.

Наибольшими теплопотерями будет обладать система при минимальном водопотреблении. Остывание воды в системе достигнет для отмеченных материалов труб 6,36 и 6,60 °С. Основной вклад в снижении температуры горячей воды дает циркуляционная составляющая системы.

Методику расчета планируется дополнить соотношениями задачи Стефана, которые позволяют моделировать фазовые превращения при движении капельных и газообразных жидкостей. Так, в случае транспортировки воды при определенных условиях возможно образование льда на внутренних поверхностях трубопровода, что приводит к изменению проходного сечения, гидравлических характеристик и интенсивности передачи тепла. При перекачке в охлаждаемом канале водяного пара может происходить конденсация последнего [6, 7], сопровождающаяся значительным снижением давления, а в ряде случаев и деформацией стенок трубопроводов. Дифференциальные уравнения нестационарной теплопроводности, записанные для каждой отдельной фазы, дополняются здесь условиями на межфазной границе, положение которой предполагается отслеживать специально разработанными приемами [8].

Список использованных источников и литературы

1. *Варгафтик, Н. Б.* Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н. Б. Варгафтик. – Москва : Наука, 1972. – 720 с.
2. Теплоэнергетика и теплотехника: Справочная серия: в 4 кн. – Кн. 2. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент / под общ. ред. А. В. Клименко и В. М. Зорина. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2007. – 564 с.
3. *Форсайт, Дж.* Машинные методы математических вычислений / Дж. Форсайт, М. Малькольм, К. Моулер. – Москва : Мир, 1980. – 280 с.
4. *Нащокин, В. В.* Техническая термодинамика и теплопередача / В. В. Нащокин. – Москва : Высш. шк., 1975. – 496 с.
5. *Молчанов, И. Н.* Машинные методы решения прикладных задач: Дифференциальные уравнения / И. Н. Молчанов. – Киев : Наук. думка, 1988. – 344 с.
6. Патент на полезную модель № 77317 U1 Российская Федерация, МПК E04H 12/00. Дымовая труба : № 2008117357/22 : заявл. 30.04.2008 : опубл. 20.10.2008 / Д. А. Хворенков, О. И. Варфоломеева, Р. З. Касимов ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Ижевский государственный технический университет.
7. *Хворенков, Д. А.* Методика расчета температурно-влажностных режимов работы дымовых труб теплоэнергетических установок / Д. А. Хворенков, О. И. Варфоломеева // Промышленная теплоэнергетика. – 2013. – № 7. – С. 30–33.

8. Попов, Д. Н. Методика численного моделирования фазовых переходов теплоаккумулирующих материалов, заключенных в двумерный объем / Д. Н. Попов, В. Н. Диденко, Р. З. Касимов // Интеллектуальные системы в производстве. – 2015. – № 1(25). – С. 26–30.

A. A. Ivshina, student, lina.ivshina@list.ru

I. D. Sterkhov, student

D. N. Popov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

D. A. Khvorenkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

A. A. Lebedeva, Senior Lecturer

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Methodology for calculating the cooling of a liquid during its movement in extended pipeline systems

Based on the fundamental laws of thermal conductivity and hydromechanics, a method for calculating heat losses to the environment and temperature changes of a liquid or gaseous medium during its transportation in extended and branched hydraulic systems has been developed and numerically implemented. The technique applies to vertical and horizontal sections of pipes with various thermal insulation coatings and external heat exchange conditions. The dependences of changes in the thermophysical characteristics of the transported liquids on temperature are used, which are presented for the convenience of computer implementation in the form of regression relations obtained on the basis of reference information. To carry out the calculation, the hydraulic network is divided into separate sections transporting a constant flow of the medium, and those, in turn, into a finite number of cylindrical elements determined based on the convergence conditions of the solution. For each such component, heat transfer and heat transfer coefficients are calculated using well-established criteria equations, the amount of heat passing through a single-layer cylindrical wall, and the amount of liquid cooling. As applied to the hot water supply systems of multi-apartment residential buildings, the results of calculations are presented.

Keywords: thermophysical characteristics, heat transfer, multilayer cylindrical wall, hot water supply systems, water cooling.

Д. А. Каргина, студент
А. М. Сабирзянова, студент
А. В. Седова, канд. наук, доц., науч. руководитель
ИжГТУ имени М.Т. Калашникова

Роль общественных пространств в формировании окружающей среды

Тема общественных пространств и их значения в формировании городской среды всегда актуальна, так как это ее неотъемлемая часть, качественно влияющая на жизнь горожан. Именно общественные пространства осуществляют взаимодействие людей с городом. Чем они привлекательнее, тем активнее социальная жизнь.

В данной теме авторами статьи рассматривается общественное пространство как часть среды, его качественное влияние на город и жителей, а также существующие проблемы в мировой практике и пути их решения.

Проблемы: быстро растущий уровень урбанизации в мире; отсутствие комплексного подхода к благоустройству территории; недостаточный уровень безопасности в публичных местах; пустующие парки и скверы советской эпохи и отсутствие новых общественных пространств в России; неслаженность работы между городской администрацией, частными компаниями и горожанами.

Решение: внедрение системы открытых общественных пространств; создание связей между ними в виде аллей, бульваров и пешеходных улиц; налаживание диалога между городской администрацией и горожанами; привлечение бизнеса к развитию территорий; внедрение пешеходного масштаба города.

Ключевые слова: общественные пространства; качество жизни; городская среда; привлечение инвестиций; урбанизация.

Введение

Общественные пространства играют значительную роль в жизни людей. Такие места, как парки, скверы, площади, являются местом притяжения большого количества горожан и туристов. Наличие в городе привлекательных, благоустроенных территорий всегда считается большим плюсом для местных жителей, а также может способствовать развитию туризма. Общественные пространства создают облик города, его идентичность и узнаваемость.

«Общественное пространство – определяющий признак города. Более того: общественное пространство – это и есть город. Нет общественного пространства – нет города», – писал В. Л. Глазычев, советский и российский ученый в области архитектуры, публицист [1].

Внимание к организации общественных пространств также продемонстрировано в научной деятельности, например, зарегистрированы патенты по планировке парковых зон с целью расширения функциональных возможностей небольшой территории. [2]

На примере нескольких существующих парков и скверов авторами данной статьи определяется значимость общественных пространств в формировании городской среды и выявляются основные события, сделавшие место популярным у горожан. Также проанализирована связь общественных пространств в исторической части Рима и ее влияние на структуру города.

В начале данной статьи авторами рассматриваются Брайант-парк в Нью-Йорке – место, которое до некоторых пор являлось зоной скопления маргинальных слоев населения, пока за дело не взялись сами горожане, организовав некоммерческий фонд. В итоге парк получил новую жизнь и стал безопасным. Новое излюбленное место у горожан существует на пожертвования, а также за счет мероприятий, проводимых на территории [3].

В заключение авторами данной статьи рассматривается Открытый сад в городе Ижевске. Территория, на которой находится сквер, долгое время находилась в заброшенном состоянии. Решая, как ее усовершенствовать, администрация города с привлечением частной организации решила создать привлекательную общественную зону.

Формирование общественных пространств во времена эпохи

Возрождения в Италии

В период перехода от Средневековья к Возрождению в Италии начало преобладать общественное строительство. Главной частью города становилась площадь с собором. Она также имела такие функции, как место для проведения собраний, расположения рыночных павильонов и т. п. Начали появляться ансамбли и комплексы площадей, которые в свою очередь делились на те, что сложились исторически, и те, что появились в ходе последовательной застройки.

Ярким примером исторически сложившихся площадей является ансамбль площадей Сан-Марко и Пьяццетты в Венеции (рис. 1). Главная часть ансамбля – площадь сан Марко. Пьяццетта в свою очередь является соединительным пространственным элементом между площадью и лагуной.

Расположение ансамбля около Канала было обусловлено рядом причин:

- 1) доставка товаров для ярмарок;
- 2) парадная площадь для приема гостей, приезжающих со стороны моря.

В основу формирования ансамблей площадей легли такие принципы, как ясность пространственной организации; масштабность окружающих пространств и зданий; разделение пространств и их связь между собой [4]. Все эти критерии прослеживались в градостроительстве Болоньи, где комплекс площадей появился в ходе последовательной застройки (рис. 2). В данном примере они расположены таким образом, что во время прогулки по небольшим улицам города, совсем неожиданно можно оказаться на просторной площади. Именно это образует «городскую ткань», то есть совокупность улиц, кварталов, зданий и площадей, связывающих все в единый организм, который удобен для пешехода.

Площадь Сан-Марко, Венеция, Италия

Для рассмотрения сильных и слабых сторон, возможностей для развития и угроз данных общественных пространств авторами статьи использован SWOT-анализ (табл. 1).

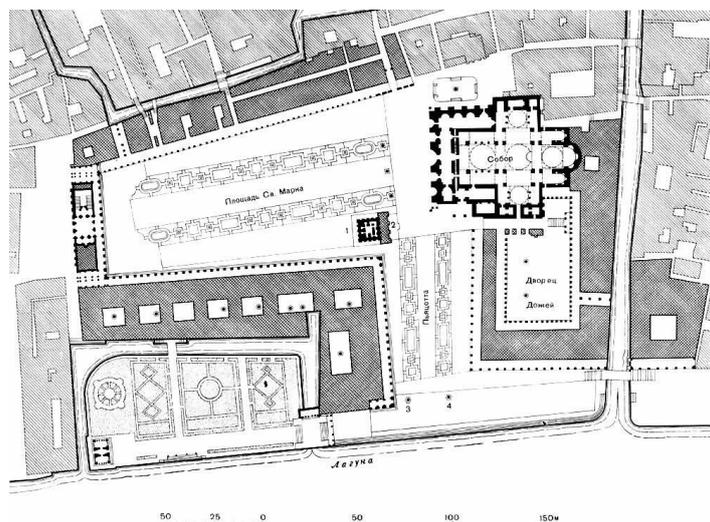


Рис. 1. План площади св. Марка в современном состоянии: 1 – колокольня; 2 – Лоджетта; 3 – гранитная колонна, увенчанная статуей св. Федора; 4 – колонна с крылатым львом св. Марка



Рис.2. Болонья. Схематический план города

Таблица 1. SWOT-анализ площади Сан-Марко

<p>Сильные стороны:</p> <ul style="list-style-type: none"> – исторический центр города – большое количество достопримечательностей – вовлеченность государства в сохранении площади 	<p>Возможности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – разгон голубей хищными птицами – контроль потоков туристов, ввод платного посещения площади – устранение рекламы на исторических зданиях
<p>Слабые стороны:</p> <ul style="list-style-type: none"> – переизбыток туристов в пиковые часы – большие стаи голубей – реклама на исторических зданиях затопление площади водой 	<p>Угрозы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – частые затопления, и в связи с этим закрытие площади для туристов, а возможно и полное ее исчезновение

Одной из проблем Сан-Марко были голуби, а точнее, их невероятное количество. Голуби – символ данной площади. Туристы и по сей день любят подкармливать птиц и делать фото на их фоне. Так как пернатые являются источниками многих инфекций, властью города было решено ввести запрет на кормление голубей. Для сохранения этой традиции корм продается на самой площади, он содержит вещества, контролирующие популяцию голубей. К сожалению, закон слабо соблюдается, как и не уменьшается количество голубей.

Во время дождей Сан-Марко часто затапливается, так как уровень площади ниже уровня города. При этом вода поступает через сливные отверстия. Иногда уровень воды в залах собора Сан-Марко превышает 1 метр, что наносит большой урон главному архитектурному наследию Венеции. Площадь так и будет уходить постепенно под воду, как и сама Венеция.

Брайант-парк, г. Нью-Йорк, США

Для рассмотрения сильных и слабых сторон, возможностей для развития и угроз данных общественных пространств, авторами статьи использован SWOT-анализ (табл. 2).

Таблица 2. SWOT-анализ Брайант парка до реконструкции (рис. 3)

<p><u>Сильные стороны:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – центральное расположение в городе – богатое озеленение – большая площадь 	<p><u>Возможности:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – реконструкция – вовлечение горожан в создание места
<p><u>Слабые стороны:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – обособленность от городской среды – высокая преступность – неухоженность (мусор, граффити) 	<p><u>Угрозы:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – закрытие парка и постройка на его месте очередного небоскреба

После реконструкции парк стал частью городской среды (рис. 4), отсутствие высокой изгороди и новые входы сделали пространство более доступным и безопасным. Была создана исключительная атмосфера места: спокойствие и уют в бурном потоке мегаполиса. Большое внимание было уделено мелочам, которые сделали парк узнаваемым, например, был специально разработан дизайн урн, стулья имеют памятные таблички, а у сотрудников своя униформа. Благодаря таким мелочам создается общее впечатление о месте.

В парке использованы такие принципы, как универсальность (мобильные стулья, люди сами формируют зоны отдыха), постоянное развитие и разнообразие активностей (фестивали, показы мод, ярмарки, выставки), круглогодичность (летом – кинофестиваль, зимой – каток), открытость.

Брайант-парк – идеальный пример того, как может преобразиться пространство при правильном подходе. И самое главное, что можно извлечь из этого примера: место формируют в первую очередь люди, с помощью диалога с администрацией, архитекторами и бизнесом [5].



Рис. 3. Брайант-парк до реконструкции



Рис. 4. Брайант-парк в наши дни

Открытый сад, г. Ижевск, Россия

Для рассмотрения сильных и слабых сторон, возможностей для развития и угроз данных общественных пространств, авторами статьи использован SWOT-анализ (табл. 3).

Таблица 3. SWOT-анализ Открытого сада до реконструкции (рис. 5)

<p><u>Сильные стороны:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – соседство с местной администрацией и Ростелеком – деловой район города – хорошая транспортная доступность и парковки – высокий пешеходный поток 	<p><u>Возможности:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – привлечение администрации города и Ростелеком к финансированию проекта – создание рекреационной зоны для близлежащих домов – вовлечение местных жителей
<p><u>Слабые стороны:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – неухоженность (мусор, сухостой, стихийная растительность) – обособленность от городской среды (территория обнесена забором) 	<p><u>Угрозы:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – повышение уровня преступности – опасные сухие деревья

Открытый сад – замечательный пример, когда взаимодействие сразу трех важных городских компонентов: городская администрация, бизнес (группа компаний «Острова») и сами жители, – привело к созданию сквера, наполненного разными активностями и смыслами (рис. 6) [6]. Заброшенная территория превратилась в место проведения общегородских мероприятий и зону отдыха для жителей близлежащих домов. На небольшой территории удалось разместить коворкинг, детскую площадку, сцену и арт-объект. Примечательно, что жители сами следят за порядком и участвуют в жизни сквера.

Данный пример доказывает, что в любом городе и стране возможно создать место, притягивающее горожан. Важно лишь соблюсти принципы открытости и доступности, включить разнообразные активности для всех групп населения [7].



Рис. 5. Участок под строительство открытого сада



Рис. 6. Открытый сад в наши дни

Основные результаты

На основании анализа, проведенного авторами данной статьи, можно сделать вывод о существующих тенденциях развития общественных пространств, от эпохи Возрождения до современного времени. Постепенно площадь становится главной точкой притяжения. В комфортных, безопасных и интересных скверах и парках все больше заинтересованы сами жители и чаще включаются в процесс их создания [8].

В рассмотренных авторами данной статьи примерах общественных пространств можно выделить такие общие черты, как:

1. Общедоступность и открытость, что также гарантирует безопасность.
2. Разнообразие форм активностей.
3. Непосредственное участие горожан в создании облика места.
4. Слияние административных органов, горожан и бизнеса.

Можно наблюдать, как реконструкция общественных пространств качественно влияет на жизнь горожан и облик города в целом. На месте заброшенных и опасных участков теперь мы видим многолюдные и живые пространства. Данные парки и скверы стали знаковыми достопримечательностями, посещаемые туристами. Вместе с этим наблюдается рост социальной ответственности граждан и их вовлеченность в благоустройство города, а также улучшение диалога между администрацией и жителями.

Заключение

В итоге проведенного анализа были сделаны следующие выводы:

1. Внедрение системы открытых общественных пространств увеличивает их популярность среди горожан и туристов, а также повышает безопасность места, в главную очередь за счет многолюдности. Люди сами контролируют то, что происходит, в то время как открытость места диктует необходимость толерантного отношения друг к другу. Также отсутствие заборов и других ограждений позволяет связать пространство с остальным городом, делая его частью жизни горожан.

2. Диалог между властью и горожанами, а также привлечение бизнеса к развитию общественного пространства влечет за собой большой интерес местных жителей к благоустройству города, а вместе с ним трепетное отношение к новым пространствам и постоянное их развитие.

3. Внедрение пешеходного масштаба города, то есть шаговой доступности до всего необходимого для человека в городской среде, в том числе и общественных пространств, сомасштабности площадей и непрерывности городской среды, делает город комфортнее и благоприятнее. Жизнь в таком городе никогда не останавливается, у жителей появляется желание покидать стены дома и проводить свой досуг в обществе соседей и других горожан.

4. Общественные пространства являются непременным условием формирования городской идентичности, создают уникальный облик города в восприятии его гостей и жителей. Зачастую такие места становятся визитной карточкой города.

5. Причастность местных жителей к благоустройству территорий активизирует горожан в стремлении улучшить его. Приобщить их можно с помощью воркшопов и общегородских семинаров.

6. Успешное общественное пространство не нуждается в финансовой поддержке, так как оно может само себя обеспечивать за счет проведения мероприятий, аренды мест под бизнес и пожертвований горожан.

Список использованных источников и литературы

1. Глазычев, В. Л. Урбанистика / В. Л. Глазычев. – Москва : Европа, 2008. – 220 с. – ISBN: 978-5-9739-0148-6.

2. Патент на полезную модель № 124293 U1 Российская Федерация, МПК E04H 3/10, G09F 19/00. Культурный центр «Старый парк» : № 2012144154/03 : заявл. 16.10.2012 : опубл. 20.01.2013 / А. И. Алексеев.

3. Джекобс, Д. Смерть и жизнь больших американских городов / Д. Джекобс ; Джейн Джекобс ; [пер. с англ. Л. Мотылев]. – Москва : Новое изд-во, 2011. – (Библиотека свободы). – ISBN 978-5-98379-149-7.

4. Хасиева, С. А. Архитектура городской среды : учеб. для вузов / С. А. Хасиева. – Москва : Стройиздат, 2001. – 200 с. – ISBN 5-274-01902-1.

5. Нефёдов, В. А. Как вернуть город людям / В. А. Нефёдов. – Москва : Искусство XXI век, 2015. – 160 с. – ISBN: 978-5-98051-142-5.

6. Глазычев, В. Л. Городская среда. Технология развития: Настольная книга / В. Л. Глазычев, М. М. Егоров, Т. В. Ильина. – Москва : Ладыя, 1995. – 241 с. – ISBN 5-7068-0084-7.

7. Гутнов, А. Э. Эволюция градостроительства / Гутнов, А.Э. – Москва : Стройиздат, 1984. – 256 с.

8. Рыбчинский, Витольд. Городской конструктор. Идеи и города / Витольд Рыбчинский. – Москва : Strelka Press, 2015. – 232 с. – ISBN 978-5-906264-22-0.

D. N. Kargina, student

A. M. Sabirzyanova, student

A. V. Sedova supervisor, associate professor

Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

The role of public spaces in the formation of the urban environment

The topic of public spaces and their importance in the formation of the urban environment is always relevant, since it is an integral part of the urban environment, which qualitatively affects the life of citizens. It is public spaces that carry out the interaction of people with the city. The more attractive they are, the more active the social life of the townspeople.

In this topic, the authors of the article consider the public space as a part of the environment, its qualitative impact on the city and residents, as well as existing problems in world practice and ways to solve them.

Problems: the rapidly growing level of urbanization in the world; lack of an integrated approach to the improvement of the territory; lack of an adequate level of security in public places; empty parks and squares of the Soviet era and the absence of new public spaces in Russia; inconsistency of work between the city administration, private companies and citizens.

Solution: introduction of a system of open public spaces; creating links between them in the form of alleys, boulevards and pedestrian streets; establishing a dialogue between the city administration and citizens; attraction of business to the development of territories; introduction of a pedestrian scale of the city.

Keywords: public spaces; the quality of life; urban environment; attraction of investments; urbanization.

Е. А. Клековкин, студент, z0h0e0n0y0a@gmail.com
Э. Г. Крылов, д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц.,
проф. кафедры «Механика», 649526@mail.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

К обоснованию геометрической модели anti-rise для горного велосипеда с одношарнирной подвеской

Рассматривается подвеска заднего колеса горного велосипеда. На основании решения задачи кинестатики для физической модели одношарнирной подвески обоснована упрощенная геометрическая модель anti-rise. Модель предоставляет способ оценки конструкции велосипеда, обеспечивающей его устойчивость и управляемость при движении с замедлением.

Ключевые слова: горный велосипед, подвеска, замедление, явление anti-rise, геометрическая модель.

Конструкции велосипедов, оснащенных передней и задней подвесками, начали активно разрабатываться 25–30 лет назад, в 1991 году этот вид велосипеда получил признание со стороны Международного союза велосипедистов (UCI), а с 1996 года соревнования на горных велосипедах (маунтинбайк кросс-кантри) были включены в программу Олимпийских игр. При движении по пересеченной местности скорость велосипеда ниже, чем при гонках по шоссе, а сопротивление качению – значительно выше. Поэтому в отличие от гонок на шоссе-ных велосипедах затраты энергии на преодоление аэродинамического сопротивления не являются в этом случае критическими с точки зрения рационального расходования энергии велосипедиста, а наличие подвески заднего колеса, напротив, становится важным.

Основным назначением подвески внедорожного или горного велосипеда является рассеяние энергии, возникающей при взаимодействии его с неровностями поверхности и препятствиями, что необходимо для поддержания сцепления колес с поверхностью и обеспечения управляемости велосипедом. Однако при этом также происходит нежелательное поглощение энергии, вырабатываемой мышцами велосипедиста, вследствие усилий, возникающих при нажатии на педали. В зависимости от положения узла крепления заднего колеса, нажатия на педали могут приводить к дополнительному сжатию или растяжению пружины подвески заднего колеса, сопровождающемуся потерями энергии, затрачиваемой на привод велосипеда. По некоторым оценкам, потери энергии могут достигать 1,3 % [1].

Динамика велосипеда с передней и задней подвесками рассматривается наиболее подробно в рамках моделей динамики многомассовых систем [2, 3], от-

личающихся значительной степенью сложности. При этом для многих практических применений можно ограничиться упрощенными моделями, которые дают необходимое первое приближение при оценке конструктивных параметров велосипеда.

Так, в работе [4] анализируется кинематическая модель подвески заднего колеса и определяются условия, при которых пружина подвески сжимается или растягивается в зависимости от геометрии узла и усилий, прикладываемых велосипедистом. Положение шарнирного узла крепления имеет большое значение для всех динамических процессов в задней подвеске, поэтому большинство моделей направлено на нахождение соответствующего оптимального решения [5, 6].

Конструктивно задняя подвеска горного велосипеда выполняется в двух вариантах: одношарнирном и с использованием рычажного четырехзвенника. Устройство одношарнирной подвески (см. рис. 1) предполагает крепление заднего колеса к рычагу, закрепленному на раме с помощью главного шарнира. При этом ось заднего колеса движется по окружности, центром которой является главный шарнир.

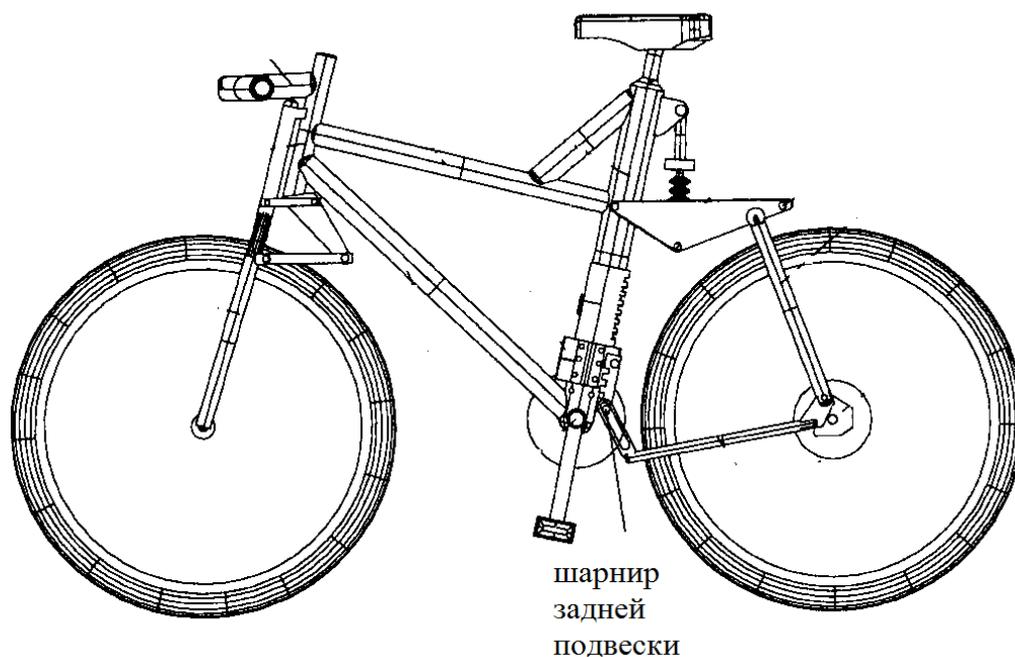


Рис. 1. Велосипед с одношарнирной подвеской [2]

Подвески с использованием шарнирного четырехзвенника могут иметь несколько видов конструктивных исполнений, наиболее популярными из которых являются подвески *Horst Link* и *VPP* (virtual pivot point). В конструкции подвески типа *Horst Link* имеется шарнир на нижнем пере заднего треугольника (рис 2). Для подвесок *VPP* характерна единая конструкция заднего треугольника с соединенными верхними и нижними перьями, которая прикрепляется к переднему треугольнику посредством пары рычагов – верхнего и нижнего (рис. 3). В процессе движения колесо вращается вокруг мгновенного центра скоростей *Virtual Pivot Point* (Instant Center), положение которого меняется в плоскости велосипеда в процессе движения.

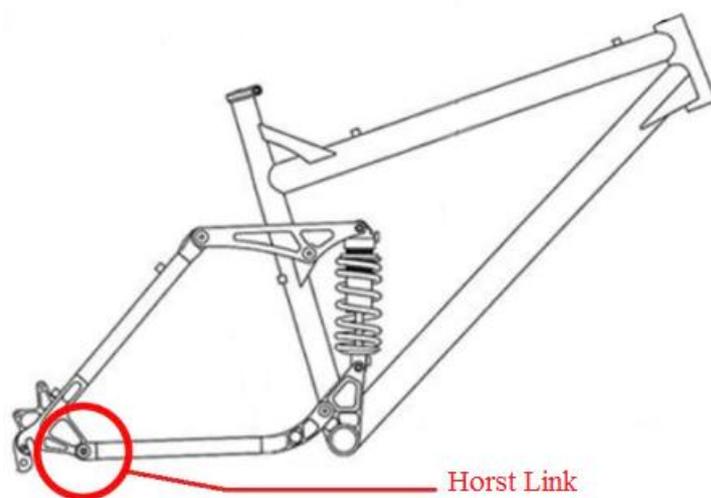


Рис. 2. Подвеска типа Horst Link [7]

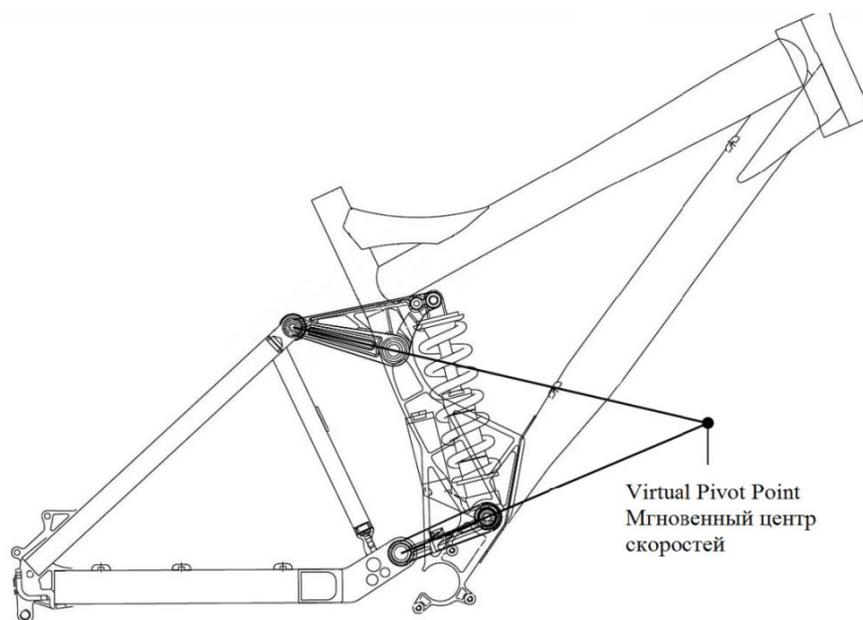


Рис. 3. Подвеска типа *Virtual Pivot Point* [8]

Наличие двух подвесок существенно влияет на динамику велосипеда. Так же, как и у автомобилей и мотоциклов, велосипед подвержен изменению углового положения рамы (корпуса) по отношению к колесам при разгоне и торможении. При разгоне происходит подъем передней части рамы с велосипедистом и опускание задней части – приседание, в международной терминологии *squat*. В процессе торможения поворот рамы происходит в обратную сторону, задняя часть с опорным колесом поднимается, что соответствует *rise*. При этом происходят дополнительные, по отношению к статическим условиям, деформации пружин. В силу конструктивных особенностей велосипеда, его массовых характеристик, а также относительно высокого положения общего центра масс отмеченные явления оказывают существенное влияние на управляемость велосипедом и степень рассеяния энергии привода.

В некоторых задачах определение степени деформации пружины заднего колеса (и степени влияния на нее конструктивных параметров) возможно на основании рассмотрения упрощенной модели системы двух тел без подробного исследования сложных моделей многомассовых систем.

Рассмотрим в качестве примера подъем задней части рамы, *rise* при замедлении для случая одношарнирной подвески. Причиной отмеченного явления является действие силы инерции, F_{in} (рис. 4).

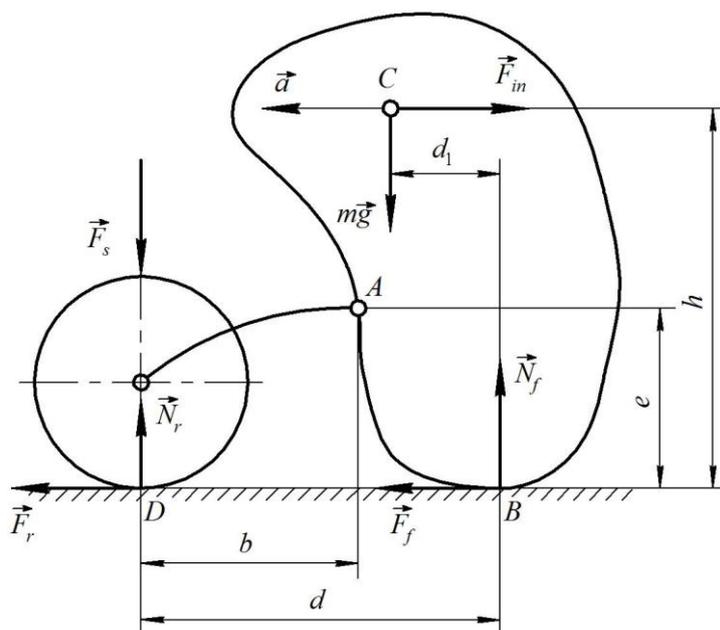


Рис. 4. Физическая модель велосипеда с задней подвеской при торможении

Уравнения кинестатики, описывающие движение системы в плоскости:

$$ma - F_f - F_r = 0$$

$$mg - N_f - N_r = 0$$

$$-ma \cdot h + mg \cdot d_1 - N_r \cdot d = 0.$$

Сумма моментов сил, действующих на заднее колесо, относительно шарнира A :

$$F_s \cdot b - F_r \cdot e + N_r \cdot b = 0.$$

Решая систему уравнений относительно силы упругости, получаем:

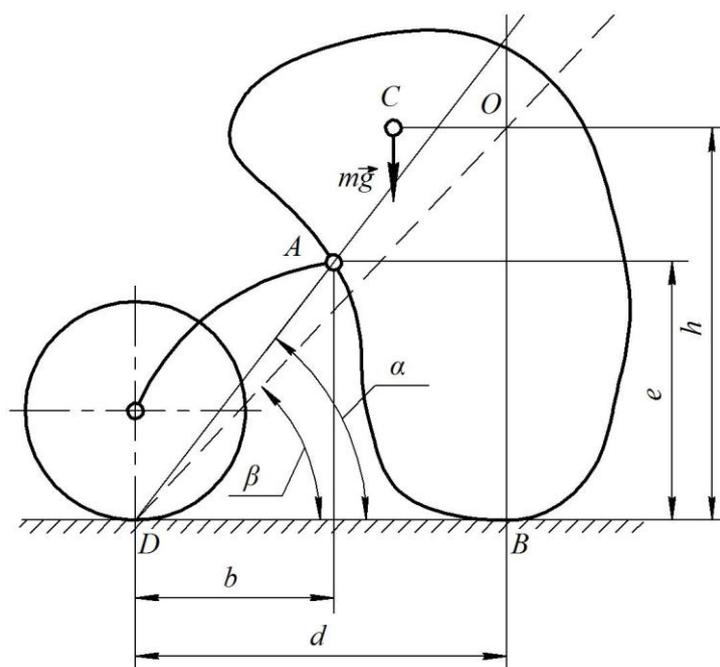
$$F_s = mg \cdot \frac{d_1}{d} - ma \cdot \frac{h}{d} + F_r \cdot \frac{e}{b}.$$

Поскольку нас интересует только дополнительная динамическая деформация пружины, силу тяжести из выражения можно исключить. Далее, поскольку большая часть массы велосипедиста приходится на заднее колесо, а сам велосипед может использоваться при скоростном спуске, в рамках упрощенной модели можно считать, что трение скольжения на заднем колесе значительно больше трения на переднем колесе. Тогда из первой системы уравнений $F_r = ma$ и выражение для динамической деформации пружины приобретает вид

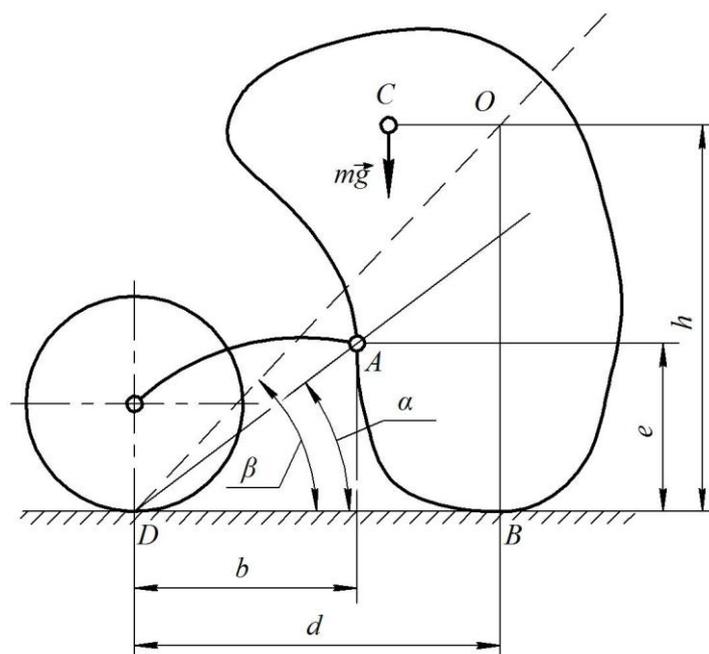
$$F_s^* = -ma \cdot \frac{h}{d} + ma \cdot \frac{e}{b},$$

$$\text{или } F_s^* = -ma \cdot \operatorname{tg}\beta + ma \cdot \operatorname{tg}\alpha.$$

Если пружина не имеет дополнительной динамической деформации, выполняется условие $\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\beta$. Если $\operatorname{tg}\alpha > \operatorname{tg}\beta$, пружина сжата, в противном случае пружина растянута. У полученного решения есть простая геометрическая интерпретация (рис. 5).



а) пружина сжата, значение *anti-rise* больше 100 %



б) пружина сжата, значение *anti-rise* меньше 100 %

Рис. 5. Геометрическая модель *anti-rise*

Через точки D и A проводится прямая I до пересечения с точкой O , являющейся пересечением горизонтальной прямой, проведенной через центр масс C и вертикальной прямой, проходящей через точку B . Случай пересечения в точке O соответствует состоянию отсутствия дополнительной динамической деформации пружины, 100 % *anti-rise*; если прямая I проходит выше точки O , имеем *anti-rise* больше 100 %; ниже этой точки – *anti-rise* меньше 100 %.

Значения *anti-rise*, большие 100 %, гарантируют сжатие пружины при торможении, что дает улучшение геометрии системы «велосипед – велосипедист» при движении вниз по склону, но одновременно снижает чувствительность подвески.

На основании упрощенной геометрической модели *anti-rise* были проанализированы конструктивные параметры велосипедов, участвовавших в соревнованиях на кубок мира по скоростному спуску в 2016 г. Для 29 моделей велосипедов, оснащенных одношарнирной подвеской, было определено, что среднее значение *anti-rise* в начале хода подвески при замедлении составило 130,2 %, а в конце хода 84,3 %. Описанная модель может быть также адаптирована для определения показателей *anti-rise* в случае велосипедов, оснащенных шарнирными четырехзвенниками в узлах крепления заднего колеса.

Список использованных источников и литературы

1. Wang, E.L., Hull, M.L. A Model for Determining Rider Induced Energy Losses in Bicycle Suspension Systems // Vehicle System Dynamics: International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility, 1996. 25(3): p. 223-246.
2. Needle, S.A, Hull, M.L. An off-road bicycle with adjustable suspension kinematics // Cycling Sci 1997.1. P. 4-29.
3. Wächter, M., Riess, F., Zacharias, N. A Multibody Model for the Simulation of Bicycle Suspension Systems // Vehicle System Dynamics, 2002, Vol. 37, No. 1. P. 3-28.
4. Muelaner, J., Knight, T., Darling J. Kinematic Analysis and Optimization of Bicycle Suspension // KES Transactions on Sustainable Design and Manufacturing II Sustainable Design and Manufacturing 2015. P. 29-38.
5. Wang, E.L., Hull, M.L. A Dynamic System Model of an Off-Road Cyclist // Journal of Biomedical Engineering, 1997. 119(3): p. 248-253.
6. Good, C., McPhee, J. Dynamics of mountain bicycles with rear suspensions: design optimization // Sports Engineering, 2000. 3: p. 49-55.
7. URL: <https://www.timmanteau.xyz/ProductDetail.aspx?iid=210269520&pr=74.88>, дата доступа 04.03.2022.
8. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/DW-link> (дата доступа: 04.03.2022).

Klekovkin E.A., Krylov E.G.

About the Geometric Model *anti-rise* for a Mountain Bicycle with a Single-hinged Rear Suspension

*Suspension of rear wheel of mountain bicycle is considered. Based on the solution of the kinetostatics problem for the physical model of a single-hinged suspension, a simplified geometric model *anti-rise* is built up. The model provides a method for evaluating the design of a bicycle, ensuring that it is stable and controllable during decelerated motion.*

Keywords: mountain bicycle, suspension, deceleration, *anti-rise*, geometric model.

Д. А. Ключкин, инженер-программист 1-й кат., anatoliikljukin@mail.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Математическое моделирование теплового нагружения ствола артиллерийского орудия при выстреле*

В статье приводится решение задачи теплопроводности ствола артиллерийского орудия в процессе стрельбы очередью. Рассмотрены одномерная и двумерная математические модели с учетом нарезов в стволе. Приводится подход, позволяющий учитывать нарезы ствола с помощью введения искусственной шероховатости. Представлены основные характеристики 30-мм артиллерийского орудия и теплофизические свойства материала. Определено тепловое нагружение ствола из решения задачи внутренней баллистики в термодинамической постановке. Проведено сравнение эпюр температуры ствола в продольном и радиальном направлениях, показано, что решение по одномерной модели совпадает с решением по двумерной. Определена толщина прогретого слоя ствола. Исследования показали, что для нарезных артиллерийских орудий необходимо учитывать нарезы при решении задачи теплопроводности.

Ключевые слова: математическое моделирование, численные методы, теплопроводность, внутренняя баллистика.

Введение

Тепловое нагружение ствола артиллерийского орудия является актуальной темой для исследований, т. к. процесс выстрела характеризуется высокими температурами газов в канале ствола, что приводит к ряду проблем:

- 1) преждевременная детонация боеприпаса;
- 2) изменение свойств материала, что в свою очередь ведет к повышению пластичности ствола и, следовательно, понижению точности стрельбы;
- 3) вынужденная приостановка стрельбы для охлаждения орудия;
- 4) разрушение орудия при значительном перегреве [1, 2].

В связи с этим необходимо исследовать и моделировать тепловые режимы, возникающие в автоматических артиллерийских орудиях, чтобы в дальнейшем разработать пути решения данных проблем [3]. Проводимые исследования могут быть полезны при выборе материала ствола, а также его геометрии. В работе будем рассматривать ствол артиллерийского орудия, представляющий собой трубу переменного сечения. Плоская осесимметричная система координат представлена на рис. 1.

При моделировании будем использовать следующие допущения:

- рассматриваются задачи в осесимметричной постановке;

© Ключкин Д. А., 2022

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-01-00072.

- учитывается только конвективный теплообмен;
- начальная температура ствола равна температуре окружающей среды;
- пренебрегаем трением пороховых элементов о канал ствола;
- плотность и теплоемкость материала ствола не зависят от температуры;
- нарезы ствола учитываются с помощью введения искусственной шероховатости.

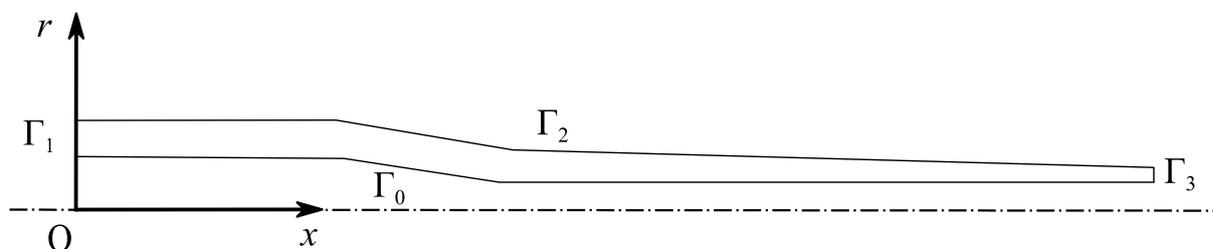


Рис. 1. Плоская осесимметричная система координат

Математическая модель

Рассмотрим одномерную математическую модель теплопроводности [4] в радиальном направлении в соответствии с принятыми допущениями:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda r \frac{\partial T}{\partial r} \right) \right), \quad (1)$$

где $T = T(t, r)$ – температура ствола в момент времени t , определенная в координате r ; c – теплоемкость материала ствола; ρ – плотность материала ствола; λ – теплопроводность материала ствола.

В рамках данной постановки задача теплопроводности решается для каждого поперечного сечения ствола (рис. 2), независимо, что позволяет проводить параллельные вычисления и значительно снижает затраты по времени.

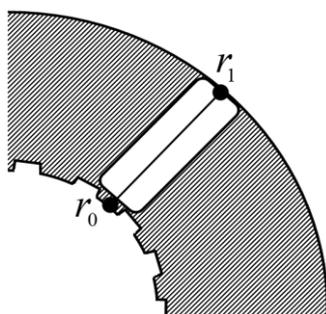


Рис. 2. Поперечное сечение ствола артиллерийского орудия

В начальный момент времени температура ствола равна температуре окружающей среды T_0 и считается постоянной по всему стволу:

$$T(0, r) = T_0. \quad (2)$$

На внутренней $r = r_0$ и внешней $r = r_1$ границах теплообмен задается в соответствии с законом Ньютона – Рихмана:

$$\begin{cases} -\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial r}\right)_{\Gamma_0} = a_r \cdot (T_r - T_s), \\ -\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial r}\right)_{\Gamma_2} = a_b \cdot (T_s - T_b), \end{cases} \quad (3)$$

коэффициент теплоотдачи $\alpha_r = \lambda_r / d \cdot 0,023 \text{Re}^{0,8} \text{Pr}^{0,43} \cdot \varepsilon_{\text{ш}}$, и температура порожовых газов T_r определяются из решения основной задачи внутренней баллистики в термодинамической постановке [5]. При этом коэффициент искусственной шероховатости $\varepsilon_{\text{ш}}$ рассчитывается на основе опытных зависимостей [6]:

$$\varepsilon_{\text{ш}} = 1,04 \text{Pr}^{0,04} \exp(0,85 f(s/h)), \quad (4)$$

$$\begin{cases} f(s/h) = \frac{(s/h)_{\text{опт}}}{s/h}, & s/h > (s/h)_{\text{опт}}, \\ f(s/h) = \frac{s/h}{(s/h)_{\text{опт}}}, & s/h \leq (s/h)_{\text{опт}}, \end{cases} \quad (5)$$

где $(s/h)_{\text{опт}} = 13$ – параметр искусственной шероховатости; s – расстояние между нарезами, м; h – глубина нарезов, м.

Рассмотрим задачу теплопроводности в двумерной осесимметричной постановке [4].

$$c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) \right), \quad (6)$$

где $T = T(t, x, r)$ – температура ствола в момент времени t , определенная в координатах x, r .

Начальное условие:

$$T(0, x, r) = T_0, \quad (7)$$

Граничные условия на внутренней и внешних поверхностях ствола задаются аналогично одномерной модели, на границе у казенного среза задается свободное граничное условие:

$$\begin{cases} -\lambda \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{\Gamma_0} = a_r \cdot (T_r - T_s), \\ -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{\Gamma_1} = 0, \\ -\lambda \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{\Gamma_2} = a_b \cdot (T_b - T_s), \\ -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{\Gamma_3} = a_b \cdot (T_b - T_s), \end{cases} \quad (8)$$

Основным преимуществом двумерной модели перед одномерной является учет теплопроводности по продольной координате, однако решение двумерной задачи более трудоемкое и накладывает дополнительные ограничения на шаг расчетной сетки, что может вызвать проблемы со сходимостью.

Результаты математического моделирования

Рассмотрим очередь из 5 выстрелов осколочно-фугасными снарядами из 30-мм артиллерийского орудия (рис. 3). Скорострельность орудия – 4000 выстр/мин, число нарезов равно 16, шаг нарезов 715,5 мм.



Рис. 3. 30 мм артиллерийское орудие

Основные теплофизические характеристики стали представлены в табл. 2 [7].

Таблица 2. Характеристики стали

Параметр	Обозначение	Размерность	Значение
Плотность	ρ	кг/м ³	7800
Модуль Юнга	E	Па	$2,0 \cdot 10^{11}$
Коэффициент Пуассона	ν	–	0,3
Коэффициент теплового расширения материала ствола	α	К ⁻¹	$12,9 \cdot 10^{-6}$
Коэффициент теплопроводности	λ	Вт/(м·К)	32,0
Удельная теплоемкость	c	Дж/(кг·К)	567,0

Эюра температуры пороховых газов, полученная из решения основной задачи внутренней баллистики при стрельбе очередью из 5 выстрелов, представлена на рис. 4.

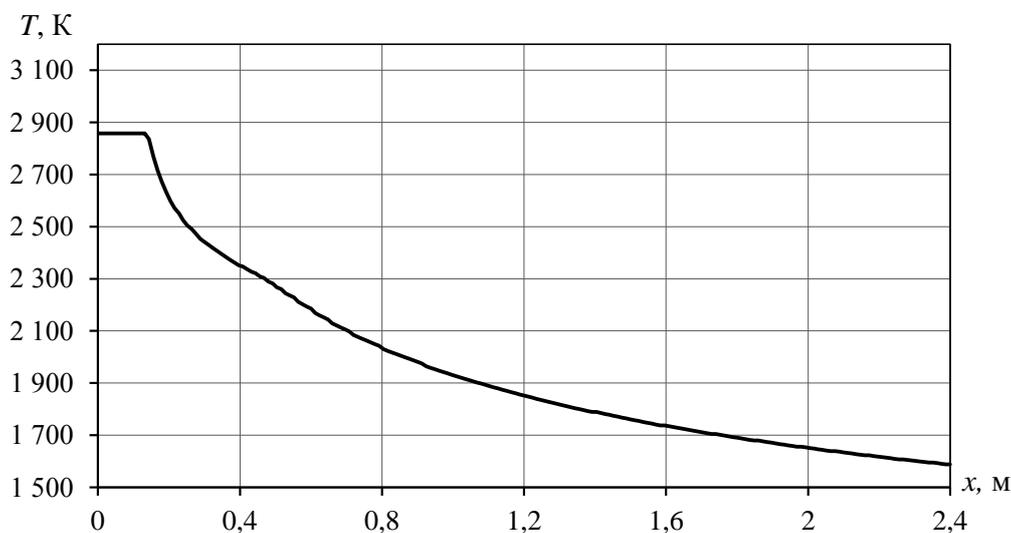


Рис. 4. Эюра температуры пороховых газов

Проведем расчеты по одномерной и двумерной моделям, при этом будем использовать сетки со сгущением для повышения точности и ускорения вычислений. Шаг сетки в радиальном направлении в обоих случаях определялся по формуле

$$\Delta r_i = \Delta r_0 \beta^i, \quad (9)$$

где $\beta = 1,15$ – константа геометрической прогрессии.

Построим эпюры температуры ствола. Эпюра температуры на внутренней поверхности ствола представлена на рис. 5. Эпюра температуры в радиальном направлении представлена на рисунке 6. Значение шага вблизи внутренней поверхности составило $\Delta r_0 = 6 \cdot 10^{-12}$ мм. При этом решение по одномерной модели заняло 15 с, в то время как по двумерной модели – 10 мин.

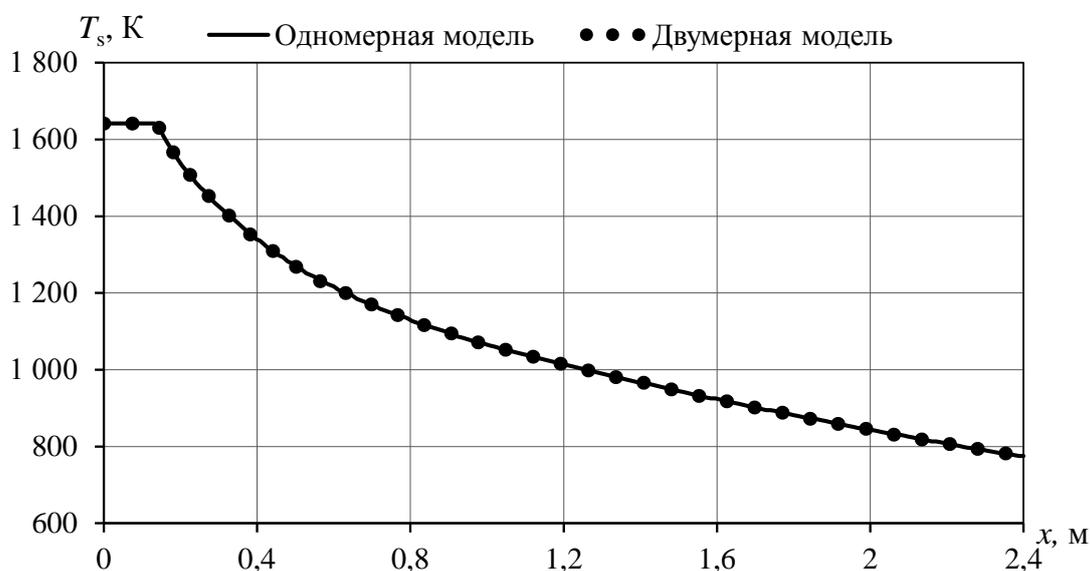


Рис. 5. Эпюра температуры поверхности канала ствола

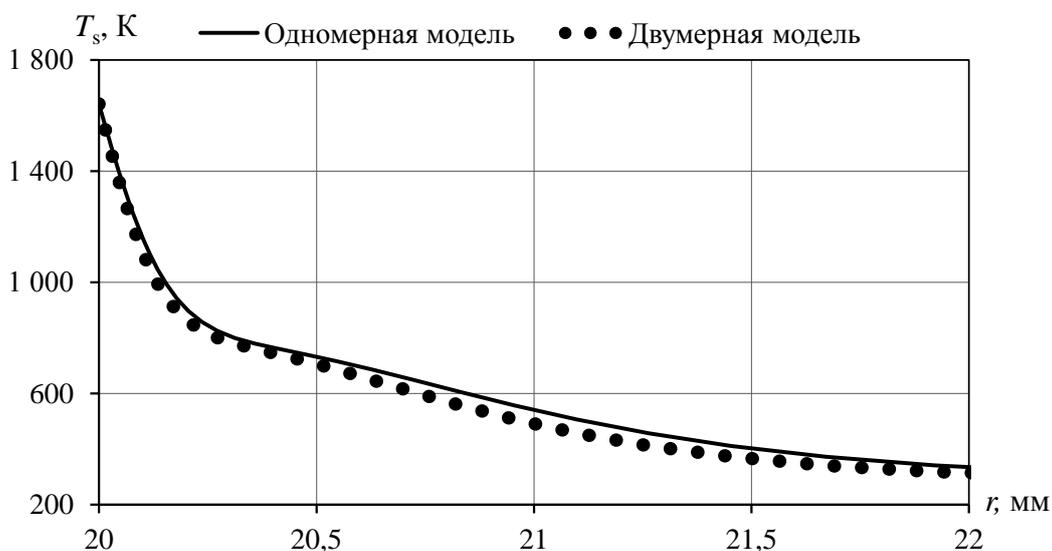


Рис. 6. Эпюра температуры ствола в радиальном направлении

Среднее отклонение решений, полученных по разным моделям, составляет 2 %. Из представленных выше рисунков можно сделать вывод, что толщина прогретого слоя составляет порядка 2 мм, или 3,6 % от толщины стенки ствола, следовательно, при расчетах необходимо использовать сгущающиеся или адаптивные сетки для достижения точного решения.

Из расчетов также видно, что одномерная модель способна с хорошей точностью описать процесс теплопроводности при стрельбе из артиллерийского орудия, при этом расчет по одномерной модели занимает в 40 раз меньше времени, чем по двумерной, что расширяет возможности для исследований.

Сравним решение задачи теплопроводности с учетом нарезов и без, т. к. решения по обеим моделям совпадают, то представим на графике только решения по одномерной модели (рис. 7).

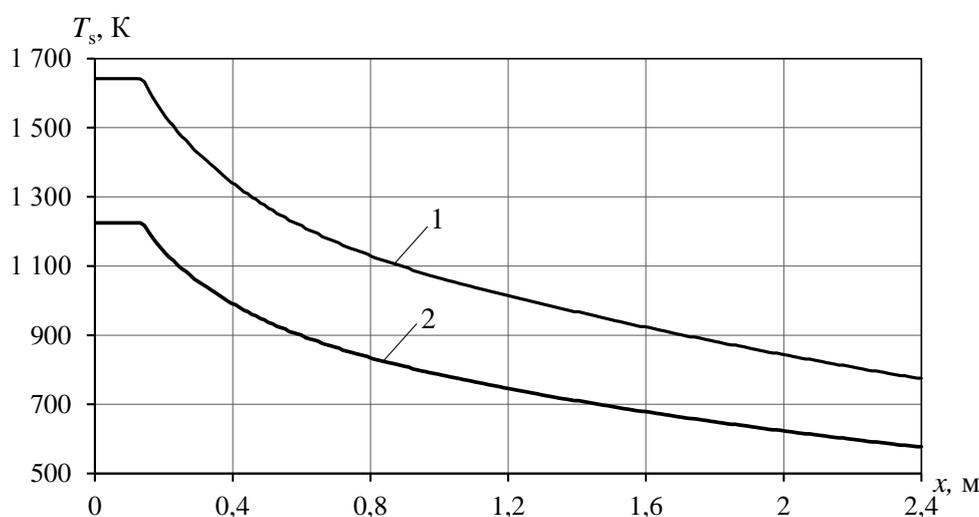


Рис. 7. Эпюра температуры поверхности канала ствола:
1 – с учетом нарезав; 2 – без учета нарезав

Из рис. 7 видно, что температуры отличаются на 32 %, следовательно, при решении задачи теплопроводности необходимо учитывать нарезав ствола.

Выводы

В работе рассмотрены одномерная и двумерная математические модели теплопроводности ствола артиллерийского орудия при стрельбе очередью из 5 выстрелов с учетом нарезав.

Представлены параметры 30 мм артиллерийского орудия и характеристики стали. Решена основная задача внутренней баллистики в термодинамической постановке для стрельбы очередью из 5 выстрелов. Проведено сравнение решений задачи теплопроводности в одномерной и двумерной постановках. Показано, что профили температуры внутри ствола, полученные на основе решения серии одномерных задач, вычисляются значительно быстрее (в 40 раз) по сравнению с решением двумерной задачи, при этом решения отличаются не более чем на 2 %. Также заметим, что недопустимо пренебрегать размером сетки у границы, т. к. толщина прогретого слоя составила 3,6 % от толщины ствола и в противном случае можно получить некорректное решение.

Список использованных источников и литературы

1. Основания устройства и конструкция орудий и боеприпасов наземной артиллерии : учебник / А. С. Клочкин, Н. Н. Корольков, В.Я. Музыченко и др. – Москва : Воениздат, 1976. – 459 с.
2. Орлов, Б. В. Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий / Б. В. Орлов, Э. К. Ларман, В. Г. Маликов. – Москва : Машиностроение, 1976. – 432 с.
3. Патент РФ RU2458305C2, 10.08.2012. Артиллерийский ствол с универсальным наружным охлаждением // Патент России RU2458305C2 / Алтунин В. А., Монда В. А.
4. Самарский, А. А. Вычислительная теплопередача / А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич. – Москва : Едиториал УРСС, 2002. – 784 с.
5. Серебряков, М. Е. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет. – 3-е изд., доп. и перераб. – Москва : Оборонгиз, 1962. – 703 с.
6. Михеев, М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – Изд. 2-е, стереотип. – Москва : Энергия, 1977. – 344 с.
7. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др. ; под общ. ред. В. Г. Сорокина. – Москва : Машиностроение, 1989. – 640 с.

D.A. Kljukin, engineer

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Mathematical modeling of thermal loading of an artillery gun barrel during firing

The article provides a solution to the problem of thermal conductivity of the barrel of an artillery piece in the process of firing a burst. One-dimensional and two-dimensional mathematical models are considered, taking into account the rifling in the barrel. An approach is given that allows taking into account the rifling of the barrel by introducing artificial roughness. The main characteristics of a 30 mm artillery piece and the thermophysical properties of the material are presented. The thermal loading of the barrel from the solution of the problem of internal ballistics in the thermodynamic formulation is determined. The comparison of the barrel temperature plots in the longitudinal and radial directions is carried out, it is shown that the solution for the one-dimensional model coincides with the solution for the two-dimensional one. The thickness of the warmed-up trunk layer is determined. Studies have shown that for rifled artillery pieces, it is necessary to take into account rifling when solving the problem of thermal conductivity.

Keywords: mathematical modeling, numerical methods, thermal conductivity, internal ballistics.

А. В. Колегова, бакалавр, ananastasia.k@mail.ru
А. П. Тюрин, д-р техн. наук, проф.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка мероприятий по снижению шума от компрессорных установок

В статье исследуются проблемы, связанные с необходимостью снижения уровней шума в компрессорных цехах, рассмотрены шумовые характеристики основного оборудования компрессорного цеха, приведена шумовая карта. Предложены мероприятия, снижающие уровни звука в цехе, а именно – подбор звукоизолирующего кожуха и подбор звукоизолирующего окна.

Расчетным способом подбирается необходимый кожух, рассчитана толщина листовой стали и подобраны внутренние облицовочные материалы. Доказывается эффективность применения звукопоглощающего кожуха, приведены примеры патентов на аналогичные изобретения.

Высокие уровни шума от оборудования проникают и в ближайшее с компрессорным цехом здание. В этом случае для защиты от шума производственных зданий и сооружений применяются различные методы, одним из которых является проектирование окна (проема) с высокой звукоизоляцией. В статье приведен результат требуемой звукоизоляции окна, предложены возможные варианты подходящих стеклопакетов.

Ключевые слова: охрана труда, компрессорная станция, снижение шума, улучшение условий труда.

Российская Федерация обладает одним из самых богатых запасов во всем мире природного газа, добыча этого полезного ископаемого ведется и развивается в нашей стране уже многие годы. Природный газ, как источник энергии, необходим заводам, предприятиям, транспорту и каждому человеку, у которого в квартире есть газовая плита и отопление зимой.

Вся наша страна пронизана сетью газопроводов, несущих в себе голубое топливо. Для обеспечения движения газа необходимы компрессорные станции – пункты повышения давления в газопроводе. Несомненно, незаменимые в своем роде компрессорные станции являются и источником проблемы – шумового загрязнения. Компрессорные цеха – источники шума, сравнимого с шумом взлетающего в аэропорту самолета.

Компрессорные станции необходимы для повышения давления газа в нитке газопровода и его дальнейшего транспортирования. Именно в компрессорных цехах на специальных агрегатах происходит сжатие газа до его проектного давления. Технологическое оборудование производит шумы, достигающие высоких уровней, в отдельных точках уровень звука может достигать до 128 дБ [1].

Постоянное воздействие шума негативно сказывается на персонале предприятия, приводит к развитию профессиональных заболеваний, таких как нейро-сенсорная тугоухость, и других сопутствующих заболеваний, например заболевания сердечно-сосудистой, нервной, пищеварительной систем [2]. Кроме того, доказано, что постоянное воздействие шума приводит к снижению работоспособности, экономические потери от которой достигают огромных сумм. Снижение уровней шума в компрессорном цехе, создание условий труда, безопасных для здоровья персонала и обеспечивающих его высокую работоспособность, является важной задачей и актуальной темой исследования.

Значительные уровни шума регистрируются от технологического оборудования, который распространяется в производственные и служебные помещения и на территорию предприятия. Шумовая карта компрессорного цеха представляет собой вид, изображенный на рис. 1.

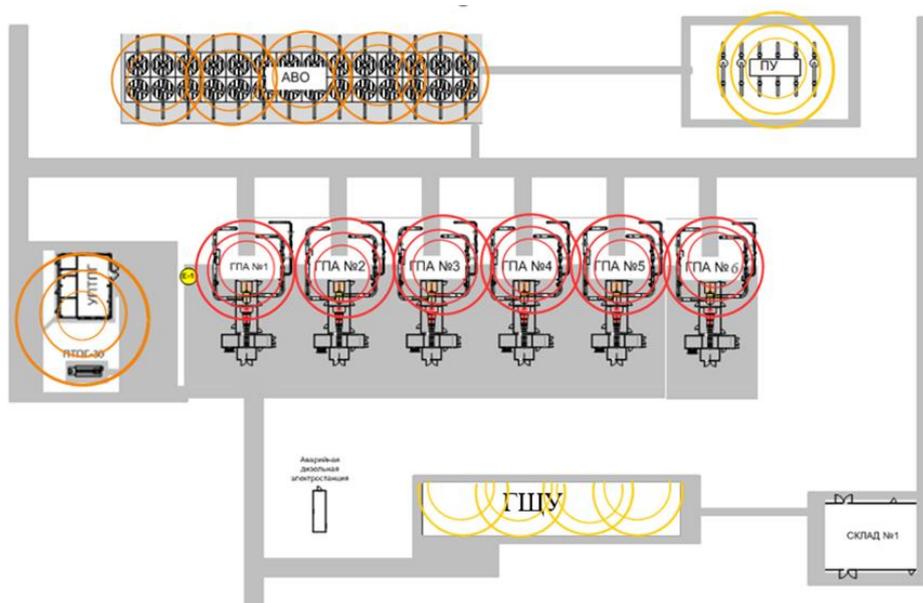


Рис. 1. Шумовая карта компрессорного цеха

В табл. 1 представлены шумовые характеристики оборудования, по которому перемещается компримированный газ.

Таблица 1. Шумовые характеристики оборудования компрессорного цеха

Тип оборудования	Корректированный уровень звуковой мощности, дБА
Шумовая характеристика газоперекачивающего агрегата:	123
– нагнетатели	118
– всасывание ГТУ	109
– выхлоп ГТУ	118
Аппарат воздушного охлаждения	117
Блок топливной подготовки газа	117
Пылеуловитель	86

Применительно к объекту исследования повышенные уровни звука наблюдаются в здании, в котором находится главный щит управления.

Для защиты персонала от шума применяются различные мероприятия, в частности [3]:

- покрытие агрегатов звукоизолирующими кожухами;
- использование современных звукопоглощающих облицовок потолка и стен, ограждений, перекрытий, дверей и окон.

Одним из распространенных методов для снижения шума является проектирование, изготовление и монтаж звукоизолирующего кожуха, который может быть закреплен непосредственно на корпусе компрессора. Кожух устанавливается для звукоизоляции трубопроводов и центробежных компрессоров в галерее нагнетателей. Характер шума от агрегатов – тональный, интенсивный, высокочастотный. Кожухи полностью закрывают наиболее шумные элементы газоперекачивающего агрегата, тем самым снижая шумность агрегата в целом. В запатентованных технических устройствах, как правило, достигают цели снижения уровня звукового давления технологических трубопроводов и центробежных компрессоров в совокупности. Одновременно решается задача улучшения условий труда обслуживающего персонала. В частности, одно из запатентованных решений представлено в источнике [5]. В зависимости от типов компрессоров могут быть те или иные способы снижения шума. В патенте [6] представлено техническое решение снижения аэродинамического шума осевого компрессора.

Кожух представляет собой ограждение шумного оборудования, стенки кожуха выполняются из несгораемых материалов, например сталь или дюралюминий, внутри кожух покрывают звукоизолирующим материалом, также кожух оборудуется виброизолирующими прокладками и щелевидными глушителями при необходимости установки системы обдува. На данный момент проводятся большие научные труды по улучшению и созданию эффективных звукоизолирующих материалов, например одна из запатентованных технологий представлена в источнике [7].

Расчет эффективности звукоизоляции кожуха проводится по графическому методу зависимости звукоизолирующей способности кожуха R от частоты f , Гц. [3] (рис. 2). Выполнены расчеты для кожуха с листовой сталью толщиной 6 мм.

Подобранный согласно расчетам кожух изготовлен из листовой стали толщиной 6 мм с облицовкой внутренней поверхности супертонким волокном с оболочкой стеклоткани и покрытием из гипсовой плиты толщиной 7 мм с перфорацией без воздушного промежутка. Установка данного кожуха позволяет значительно снизить шумы технологического оборудования и обеспечить здоровые и безопасные условия труда для обслуживающего персонала.

Другим методом борьбы с шумом является проектирование, изготовление и монтаж звукоизоляционного окна. Звукоизоляционное окно в отличие от обычного окна применяется при повышенном уровне шума, звукоизоляция окна также достигается разными методами.

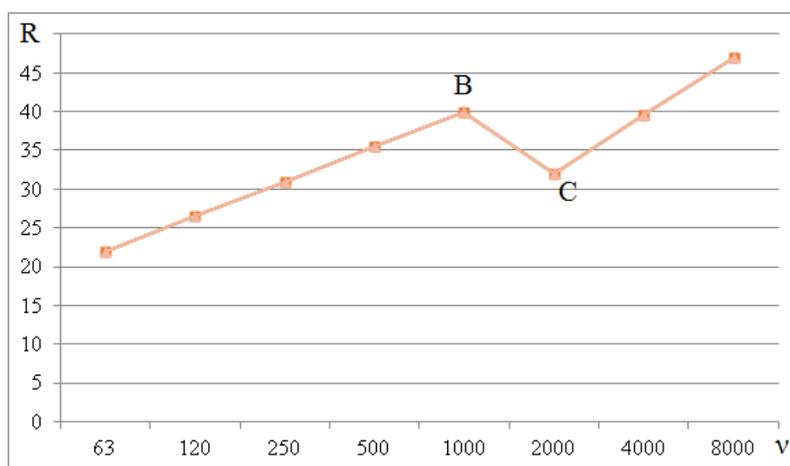


Рис. 2. График зависимости звукоизолирующей способности кожуха R (дБ) от частоты ν (Гц)

Обычные двухкамерные стеклопакеты обеспечивают шумоизоляцию до 30 дБ, что недостаточно для шумного производства, хорошая шумоизоляция обеспечивается за счет установки трехкамерного стеклопакета, применения толстого стекла или склеенного стекла-триплекс, толщина которого может достигать и до 16 мм, также звукоизоляция достигается за счет изменения ширины воздушного промежутка, заполнения промежутка другим газом – аргоном, криптоном. Особые возможности для достижения звукоизолирующего эффекта в межстекольном пространстве показал редко применяемый газ – гексафторид серы. Помимо проектирования стеклопакета с требуемой звукоизоляцией необходимо обеспечить качественный монтаж окна.

Для расчета звукоизоляционного окна необходимо знать уровень звукового давления в расчетной точке и шумовые характеристики газоперекачивающего агрегата, так как эти агрегаты находятся ближе всего к зданию (рис. 1). После расчета ожидаемого уровня звука можно говорить о требуемой звукоизоляции окна. Результаты расчета окна представлены в табл. 2. Расчеты выполнялись по методу расчета ожидаемой шумности, разработанной группой отечественных ученых и сущность которой изложена в работе [4].

Таблица 2. Результаты расчетов окна

Характеристики	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах частот, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Норматив по шуму в помещении главного щита управления КС, дБ	96	83	74	68	63	60	57	55	54
Расчетное значение звукового давления у здания главного щита управления, дБ	–	113,3	108	104	104,05	91,8	94,5	93,3	70,3
Требуемая звукоизоляция окна, дБ	–	30,3	34	36	41,5	31,8	37,5	38,9	16,3

Окна должны обеспечивать звукоизоляцию в пределах 40 дБ. Современные стекла-триплекс будут самым хорошим решением для установки звукоизоляционного окна. Например, звукоизолирующее окно, состоящее из двух стекол – стекло-триплекс толщиной 8 миллиметров, обычное стекло толщиной 6 миллиметров, камера шириной 50 сантиметров, заполненная аргоном, – снижает шум с улицы на 42 дБ. Установка окна обеспечивает защиту от шума в широком диапазоне частот октавных полос. При увеличении толщины стекол, межстекольного промежутка, заполнении межстекольного пространства гексафторидом серы звукоизолирующие свойства стеклопакета увеличиваются.

Заключение

Представленные выше методы снижения шума в компрессорном цехе имеют место быть и могут внедряться на предприятиях газотранспортной отрасли. Применение данных методов снижения уровней шума в компрессорном цехе доказывают свою эффективность расчетным путем. Применение кожуха снижает шумность установки в широком диапазоне частот октавных полос. В среднем, кожух снижает уровень шума установки на 30 дБ, на данный момент это самый эффективный способ снижения шума компрессора. Расчет требуемой звукоизоляции окна показал, что окно должно обеспечивать защиту в 40 дБ. Спроектировать звукоизоляционное окно предлагается с применением склеенных стекол и увеличенным воздушным промежутком или промежутком, заполненным гексафторидом серы.

Эффект предложенных мероприятий заключается в улучшении условий труда по фактору шума, снижении уровней развития профессиональных заболеваний, повышении работоспособности персонала компрессорного цеха.

Список использованных источников и литературы

1. *Терехов, А. Л.* Снижение профессиональных рисков на компрессорных станциях / А. Л. Терехов, А. М. Семенцев // Газовая промышленность. – 2017. – № 2(748). – С. 24–30.
2. *Тарасова, Н. В.* Профессиональная нейросенсорная тугоухость у работников «Газпром трансгаз Самара» / Н. В. Тарасова, А. В. Корженкова // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: реабилитация, врач и здоровье. – 2011. – № 3. – С. 20–26.
3. Выбор и расчет средств защиты от шума и вибрации : учеб. пособие по выполнению дипломных, курсовых и практических работ для студентов / Е. Г. Трунова, А. Б. Елькин, В. М. Смирнова. – Нижний Новгород : НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2012. – 116 с.
4. *Боголепов, И. И.* Три метода определения необходимой звукоизоляции окон: плюсы и минусы / И. И. Боголепов, Н. П. Столярова // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 1(11). – С. 38–46.
5. Патент № 2732616 С1 Российская Федерация, МПК G10K 11/00, F02C 7/24. Способ звукоизоляции технологических трубопроводов и центробежных компрессоров в галерее нагнетателей : № 2019120095 : заявл. 27.06.2019 : опубл. 21.09.2020 / Е. А. Смирнов, Ю. Ю. Толстихин, Ф. В. Блинов [и др.] ; заявитель ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ МОСКВА».
6. Патент № 2650241 С2 Российская Федерация, МПК F04D 27/02, F04D 29/66, F04D 29/54. Устройство для снижения аэродинамического шума осевого компрессора

и способ его осуществления : № 2016138492 : заявл. 28.09.2016 : опубл. 11.04.2018 / А. М. Дроконов, П. О. Лахтер ; заявитель ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет».

7. Патент № 2745020 С1 Российская Федерация, МПК В32В 5/00. Способ изготовления шумопоглощающего материала: № 2019138476 : заявл. 27.11.2019: опубл. 18.03.2021 / Д.Д. Молдавский, В.Н. Николаевич, Т.А. Биспен, С.П. Бардаханов, Ли Чен-Мён; заявитель Говердовский Владимир Николаевич.

A.V. Kolegova, bachelor, ananastasia.k@mail.ru;

A.P. Tyurin, DSc in Engineering, Professor

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Development of measures to reduce noise from compressor units

The article examines the problems associated with the need to reduce noise levels in compressor shops, considers the noise characteristics of the main equipment of the compressor shop, and provides a noise map. Measures are proposed to reduce sound levels in the workshop, namely, the selection of a soundproof casing and the selection of a soundproof window.

The necessary casing is selected by calculation, the thickness of the sheet steel is calculated and the internal facing materials are selected. The effectiveness of the use of a sound-absorbing casing is proved, examples of patents for similar inventions are given.

High levels of noise from the equipment also penetrate into the building closest to the compressor shop. In this case, various methods are used to protect non-industrial buildings and structures from noise, one of which is the design of a window (opening) with high sound insulation. The article presents the result of the required sound insulation of the window, and suggests possible options for suitable double-glazed windows.

Keywords: labor protection, compressor station, noise reduction, improvement of working conditions.

А. А. Константинова, студент; akonstantinova968@gmail.com
Ю. В. Ложкин, канд. техн. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Изготовление авторских изделий из древесных материалов

В данной статье рассматриваются возможности использования различных древесных материалов (шпон и фанера) в авторских изделиях на примерах конкретных декоративных композиций, используемых для эстетического дополнения пространства интерьера. Содержание статьи включает в себя структурированный подход к разработке декоративных изделий: процесс изучения аналогов, выбора материала, технологии изготовления, подбора вспомогательных инструментов и основных защитно-декоративных покрытий. Содержит общие теоретические сведения о способах получения и составов материалов, а также рекомендации по созданию декоративных композиций от эскиза до получения готового изделия. Описаны особенности этапов работы над изделиями, ресурсы для поиска идей, тонкости обработки материала при шлифовании (черновое и чистовое шлифование), также выбора покрытия в зависимости от желаемого эффекта (матовый, глянцевый или насыщенный цвет).

Ключевые слова: авторские изделия, декоративная композиция, древесные материалы, изготовление.

Введение

Авторские изделия в виде декоративных композиций – способ самовыражения человека, создание предметов творчества в единичном экземпляре. Множество положительных физических и механических свойств делают древесину практичным материалом с возможностью широкого применения. Получение эксклюзивной формы изделий – трудоемкая работа, требующая особой концентрации внимания. При проектировании и изготовлении композиций необходимо точно применять полученные знания на практике. Решаемая задача статьи – составить общие рекомендации по изготовлению авторского изделия. Цель исследования – показать с точки зрения различных возможностей работы с древесными материалами способы получения разнообразных форм изделий, методы обработки и конечного покрытия изделия.

Особенности этапов работы, выбора материала, защитно-декоративных покрытий

Первым этапом дизайн-проектирования авторского изделия является необходимость рассмотрения аналогов, моделей, близких по совокупности задач, предъявляемых к проектированию изделия и концепции. Вдохновение и поиск

интересных идей – необходимый инструмент в работе, как вариант: можно воспользоваться поиском в фотохостинге «Pinterest» (<https://www.pinterest.ru/>), чтобы найти идеи и тренды, соответствующие вашим интересам. После этого необходимо заняться разработкой эскизов, моделей, сразу разбирая конструкцию будущего изделия на составные части и продумывая способы изготовления. Данный этап включает в себя создание визуальных образов: рисунков, чертежей, 3D-моделей, возможно, как вручную на бумаге, так и в программах моделирования.

Для декоративных композиций необходимо грамотно выбрать используемый материал. Например, если изделие должно быть подвесным, то основным критерием выбора материала будет необходимая прочность при сравнительно небольшом весе. Для такой цели идеально подойдет шпон – древесный материал в виде тонких листов толщиной 1,5 мм. Для изготовления заготовок преимущественно применяют лущеный шпон из древесины лиственных пород: березы и ольхи, что позволяет создавать дизайнерские предметы интерьера самых разнообразных форм, прочность изделий достигается за счет склеенных полос шпона (рис. 1).



Рис. 1. Подвесное изделие из криволинейных элементов

Практичным способом создания деталей является гнutoкклееная технология – процесс создания криволинейных элементов из склеенных между собой нескольких слоев шпона. Технологический процесс включает следующие этапы: раскрой шпона, склейка между собой с помощью столярного клея ПВА с одновременным прессованием на округлые формы, при помощи прищепок или струбцин, обязательная выдержка необходимого количества времени высыхания и в самом конце механическая обработка заготовок, например – шлифование. Если следовать всем рекомендациям, как результат, получаются достаточно необычные композиции (рис. 2).

Подобные обтекающие формы активно используются во многих дизайнерских арт-объектах (рис. 3).



а



б

Рис. 2. Авторское настольное изделие из криволинейных элементов:
а – декоративная ваза; *б* – ваза в интерьере



а



б

Рис. 3. Декоративная композиция из криволинейных элементов:
а – композиция «Фонарик»; *б* – изделие в интерьере

Также часто используется в декоративных изделиях фанера, стойкий к деформациям материал, легкий в технологичности обработки, выпускается различной толщины (от 1,5 до 18 мм) и различной степени шлифования: с одной или с двух сторон и не шлифованная, из чего следует количество этапов обработки конечного изделия. Из положительных качеств: фанера меньше всего подвержена короблению, это связано с положением листов шпона внутри фанеры – вперекрест по направлению волокон. Подробнее можно ознакомиться с материалом в патенте на изобретение [2]. Трехслойная фанера идеально подойдет для создания прочных и легких декоративных композиций, чем больше количество слоев и толщина составного шпона фанеры – тем тяжелее материал (рис. 4).



Рис. 4. Декоративное изделие, состоящее из подобных элементов



a



б

Рис. 5. Настольная декоративная композиция из фанеры:
a – композиция «Bonds of love»; *б* – композиция в интерьере

При небольшом весе материала, фанера обладает достаточной прочностью, чем и заслужила свою популярность. Если декоративная композиция планируется настольной или напольной, тогда изделию будут необходимы такие качества как - устойчивость, следовательно, фанера идеально подойдет. Большим преимуществом фанеры является ее универсальность и долговечность, при правильном обращении. Используя фанеру как материал для изготовления декоративных композиций – ограничивает только воображение (рис. 5).

Общие рекомендации по изготовлению изделий из древесных материалов, последовательность операций:

1. Разметка эскиза на материале, с последующим раскроем заготовок на ленточнопильном станке или вручную с помощью лобзика.

2. При наличии дефектов – заполнить образовавшиеся сколы и трещины, с помощью шпателя и шпаклевки по дереву – отделочная строительная смесь, применяемая для реставрации и подготовки деревянных поверхностей к финишной отделке и декорированию. Этот продукт подходит для внутреннего и наружного применения. Формула шпатлевки для дерева универсальная, поэтому такое средство можно использовать на всех типах древесины, используемых для оформления помещений. Главное достоинство этой смеси в том, что после высыхания она подходит для финальной отделки лаком и краской.

3. Для достижения гладкости поверхности, а также снятия фасок – этап шлифования. Возможна как станочная, так и ручная обработка с помощью шлифовальной бумаги (шкурки), это необходимо чтобы после обеспечивалась лучшая фиксация заготовок друг с другом. Бумага может иметь различную условную числовую характеристику зернового состава шлифовального материала. Для начальной обработки (начерно) применяют шкурку с крупным составом зерен – для удаления крупных дефектов, подойдут марки по ISO – 6344: P40, P60, P80. Для доводки (основной работы) подойдет абразив марки P240. Для окончательной шлифовки необходимо мелкое зерно, под подготовку к покрытию лакокрасочному материалу подойдут марки P400 и выше.

Особенности нанесения защитно-декоративных покрытий. Покрытие лаком предполагает соблюдение требований по безопасности и следование нормам ГОСТа Р 52165 и 9825–73. На рынке товаров множество различных видов покрытий, необходимо выбирать такое, которое будет безопасным для человека,

экологическим чистым. Эстетическая составляющая покрытия имеет особый вес при выборе, но также нельзя забывать про его прямое предназначение – защитные свойства от внешних механических воздействий. Правильная обработка улучшает эксплуатационные характеристики изделия [1].

Для *гнутоклееных* деталей, изготовленных из шпона, характерен следующий подготовительный этап к покраске: детали загрунтовать водой, смешанной с клеем ПВА, далее, как они высохнут, зашлифовать ворс. Для деталей из фанеры: необходимо зашлифовать поверхности, если имеются сколы или неровности – зашпаклевать дефекты. Шлифовать можно как вручную, так и при помощи шлифовального станка. Иногда для первичного слоя требуется этап грунтовки, для обеспечения лучшего сцепления с краской.

Законченный вид изделию придает окончательное декоративное покрытие. В зависимости от сорта материала можно по-разному покрыть изделие, это может быть: морение (для приобретения необходимого оттенка и матового финиша изделия), морение с последующим покрытием лаком (для придания оттенка и глянцевого эффекта), покрытие лаком с сохранением естественного вида шпона (если материал изделия высшего или первого сорта, имеет выразительный узор, то для подчеркивания естественности материала подойдет лакирование), нанесение краски (подойдет для скрытия остаточных недостатков материала, применительно к фанере второго или третьего сорта, самый распространенный метод декоративного покрытия, может быть как эмаль, так и краска на водной основе. Каждому слою нанесенного покрытия необходимо дать время высохнуть, только после этого можно наносить новые слои [1].

Заключение

Декоративные композиции передают ее владельцу настроение, некое мировосприятие автора. Образ конечного произведения – это уникальность и результат самовыражения. С точки зрения различных возможностей технологий работы с древесными материалами возможно получение разнообразных форм. Изготовление авторских композиций – это процесс не быстрый, требующий определенных теоретических и практических знаний. Главное в работе – это вдохновение, интересная дизайнерская идея и правильная работа с материалом для обеспечения стойкости к механическим нагрузкам, защиты от повреждений и долгой эксплуатации изделия.

Список использованных источников и литературы

1. *Степанов, Б. А.* Материаловедение для профессий, связанных с обработкой древесины : учебник для нач. проф. образования. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва : Академия, 2010. – 336 с. – ISBN 978-5-7695-5741-5.
2. Патент на изобретение, Российская Федерация. № 2440890. Фанера / Ушанова В. М., Криворотова А. И., 2012.

A. A. Konstantinova, student, akonstantinova968@gmail.com

Yu. V. Lozhkin, Ph.D., Associate Professor

IzhGTU named after M.T. Kalashnikov,

Production of author's products from wood materials

This article discusses the possibility of using various wood materials (veneer and plywood) in author's products on the examples of specific decorative compositions used to aesthetically complement the interior space. The content of the article includes a structured approach to the development of decorative products: the process of studying analogues, choosing a material, manufacturing technology, selecting auxiliary tools and basic protective and decorative coatings. Contains general theoretical information about the methods of obtaining and composition of materials, as well as recommendations for creating decorative compositions from a sketch to a finished product. Describes: the features of the stages of work on products, resources for finding ideas, the subtleties of material processing during grinding (rough and fine grinding), as well as the choice of coating depending on the desired effect (matte, glossy or saturated color).

Keywords: author's products, decorative composition, wood materials, production.

В. В. Корепанова, бакалавр;
Н. В. Покоев, бакалавр, Nick_pokoov@mail.ru;
А. А. Данилова, ст. преподаватель
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Маркировка музыки. Влияние музыки на поведение человека

В статье рассмотрена опытная статистика ученых о влиянии различных жанров музыки на поведение человека. Предложена и охарактеризована точная система маркировки музыки по принадлежности к деятельности человека с рекомендациями по прослушиванию. На основе обновления стримингового сервиса по прослушиванию музыки предложено разработать и ввести программный софт созданной маркировки с пояснением. В статье показано, как выбранная музыка влияет на формирование характера и умственные способности. Выводы данного исследования можно применять как основу для проведения дальнейших исследований, которые затрагивают сферу технологий, психологии и музыки. Данная статья формировалась в несколько этапов. Формулировалась тематика исследования и тема статьи, обосновывалась актуальность. Далее были определены цели и задачи исследования. Был осуществлен поиск и изучение научной литературы по данной тематике. В статье были применены общенаучные и частные методы исследования.

Ключевые слова: музыка, психология, маркировка, исследования, влияние.

Введение

Музыка – это стенография чувств, карта звуков. Она понятна каждому, но по-своему. Музыка бесконечно вдохновляет и поддерживает, дарит новый опыт и эмоции. Мы любим музыку, потому что она полна закономерностями и паттернами. В ней повторяются слова и аккорды, и когда мы угадываем, что мелодия вот-вот повернет в нужный ритм, то получаем дозу дофамина. Музыка всегда хранила в себе историю, которую народ бережно передавал сквозь поколения. Музыка помогала в трудные времена – «плакальщицы» затягивали песню, чтобы принять утрату, рабочие ритмично запевали во время кошения травы для быстроты и синхронности.

Огромное количество людей не задумывается о значении музыки в их жизни, тем более о ее влиянии на химические процессы нашего тела.

Приятная для нас музыка сопровождается выбросом дофамина, который связан с системой наслаждения и вознаграждения нервной системы. Определенные ритмы и сочетания звуков программируют наше поведение и настроение, а более сложные композиции развивают в нас склонность к системному мышлению. Поэтому на основе многократных опытов ученых мы предлагаем систематизировать эти знания и внедрить в музыкальные стриминговые сервисы воз-

возможность для каждого человека узнать о влиянии на его нервную систему прослушиваемой композиции [2, 4, 5].

Эту возможность будет обеспечивать разработанная нами маркировка музыки, сопоставляющая выполняемую человеком операцию и подходящую по смыслу и жанру композицию путем буквенного обозначения. Благодаря этой инновации человек сможет осознать пагубное или положительное влияние конкретной мелодии для предстоящей задачи.

Для теоретического обоснования нашей модели маркировки обратимся к опытам и научным экспериментам ученых из известных университетов со всего мира.

Крупнейшее исследование провел профессор Адриан Норт из Эдинбургского университета Хериот-Уотт. Главной задачей было установить взаимосвязь между музыкальными вкусами человека и его умственными способностями. За несколько лет профессор привлек более 30 тысяч добровольцев, которые поделились с ним любимыми жанрами музыки и прошли тесты для определения умственных способностей, для которых использовались школьные вопросы и программы для определения IQ. По итогам тестов самые низкие показатели интеллекта были у слушателей хип-хоп направления и R&B. Хорошими умственными способностями обладают люди, предпочитающие классическую, симфоническую и оперную музыку, а самые высокие результаты в тестах принадлежат любителям рока и тяжелой музыки [2].

В Кембриджском университете ученые исследовали тип мышления, к которому относится человек: эмоциональному или рациональному, и какую при этом он слушает музыку. Сначала у людей узнавали, интересуются ли они проектированием систем, техническим устройством приборов и машин и анализом, затем спрашивали, насколько хорошо или плохо им удается предугадывать поведение людей и понимать их чувства.

Каждый испытуемый прослушал несколько отрывков из песен, различных по содержанию и жанру, и дал каждому оценку по десятибалльной шкале. В ходе этого опыта было выявлено, что люди, которые совершают выбор и поступки на основе эмоций, предпочитают классический рок и R&B. Напротив, те, кто привыкли анализировать ситуации и делать выбор на основе анализа являются слушателями джаза и хеви-метал. Участники с высокой склонностью к сочувствию выбирали такие жанры, как кантри, соул и блюз. Выявлено, что стиль произведения исполнения напрямую зависят от типа мышления [5].

В Лондонском университете Brunel ученые проводили опыт, главной целью которого было изучение влияния музыки, воспроизводимой в машине во время движения, на манеру вождения и реакцию водителя.

Выборка по возрасту участников эксперимента составляла от 20 до 60 лет. В автомобиле им включали композиции различных жанров – от медленных спокойных до громких динамичных. В ходе эксперимента было выявлено, что громкая и быстрая по динамике музыка вызывает у водителя возбуждение, побуждая его увеличить скорость и совершить опасный для движения маневр. Тихая и спокойная музыка, такая как кантри, напротив, благоприятно влияет на

манеру вождения – успокаивает и улучшает когнитивные функции, помогая лучше воспринимать окружающую обстановку и быть сосредоточенным.

Опасным темпом песни для вождения считается 120 и более ударов в минуту [6].

Ученые из Бирмингемского университета провели исследование, в котором выяснили влияние прослушиваемой музыки на эффективность выполняемых функций и работы. Исследование показало, что прослушивание музыки во время выполнения монотонной работы повышает концентрацию, положительно влияет на когнитивные функции и в целом повышает удовлетворенность испытуемых. Легкая спокойная музыка и звуки природы маскируют посторонние шумы, снижая утомляемость и повышая общую эффективность работы [4].

В 2012 году Костас Карагеоргис из Лондонского университета Брунел в своем исследовании «Психология музыки для эффективных тренировок» утверждал, что атлеты, прослушивающие музыку во время выполнения физических упражнений, потребляют порядка на 7 % меньше кислорода, чем атлеты, которые ее не слушают. Важно, чтобы темп песни соответствовал виду физической нагрузки, например, если вы занимаетесь бегом – вам лучше подойдут композиции, соответствующие 120 и более ударов в минуту, что поспособствует проявлению ритмической реакции и повысит выносливость. Более сильный эффект также может оказать музыка, жанр которой вам больше всего нравится и прослушивание которого ведет к выработке дофамина, тот, в свою очередь, помогает создать хорошее настроение. Помимо того, происходит усиление кровотока и активизация отделов мозга, ответственных за возбуждение и мотивацию [6].

Официально существует четыре музыкальных направления: народное, духовное, академическое и популярное, к каждому из которых принадлежат определенные жанры и множество поджанров музыки.

Первые три направления в современном мире, к сожалению, малоизвестны широкой публике и с годами теряют свою популярность. В современной музыкальной среде большинство известных нам жанров входят в популярное направление.

Предпочитаемые жанры популярного направления и свойственные им черты характера человека:

1. Джаз – слушатели джаза обладают высокой самооценкой, являются творческими, общительными и спокойными.

2. Классическая музыка – слушатели данного жанра имеют высокую самооценку, являются творческими, малообщительными и спокойными.

3. Регги – слушатели регги имеют высокую самооценку, являются творческими, общительными, но не трудолюбивыми. Имеют мягкий и спокойный характер.

4. Танцевальный – слушатели данного жанра являются творческими и коммуникабельными.

5. Инди – слушатели инди обладают низкой самооценкой, являются творческими, нетрудолюбивыми, беспокойными.

6. Блюз – слушатели блюза обладают высокой самооценкой, являются творческими, общительными. Обладают мягким и спокойным характером.

7. Рок/Хеви-метал – слушатели данного жанра обладают низкой самооценкой, являются творческими, нетрудолюбивыми, малообщительными. Имеют мягкий и спокойный характер.

8. Поп – слушателями поп являются люди, обладающие высокой самооценкой, являются несозидательными, трудолюбивыми, общительными. Имеют мягкий и спокойный характер.

9. Соул – слушатели соул имеют высокую самооценку, являются творческими, общительными. Имеют мягкий и спокойный характер.

10. Рэп – слушатели данного жанра имеют высокую самооценку, являются общительными.

11. Опера – слушатели оперы имеют высокую самооценку, являются творческими. Имеют мягкий характер.

12. Кантри и вестерн – слушатели данного жанра являются трудолюбивыми и общительными [2, 6].

Яков Абраммерович Гольдштейн совместно с Дмитрием Георгиевичем Гавриловым в 2017 году зарегистрировали программу для ЭВМ под названием «Энцефалония – музыка мозга», которая дает возможность преобразовывать спонтанную биоэлектрическую активность мозга в музыку, создавать музыкальную карту эмоциональных состояний человека с последующим обратным воздействием полученной музыки для формирования соответствующего функционального состояния. Благодаря данной программе можно повысить адаптационные способности человека в экстремальных условиях, борьбе со стрессом и психических заболеваниях.

Наряду с главной идеей нашей статьи – разработкой маркировки музыки – данная программа имеет общие идеи: соотнести эмоциональные состояния человека с определенной музыкой и благодаря этому в дальнейшем «искусственно манипулировать», управлять внутренними системами человека, настраивать на определенную деятельность, состояние.

Наша задумка очень похожа на разработку Якова Гольдштейна – в роли карты звуков эмоциональных состояний в нашей статье будет выступать буквенная маркировка в музыкальных стриминговых сервисах. Основное отличие от карты звуков в том, что наша маркировка несет больше информативную пользу, в ней заранее сопоставлены жанры музыки и присущие им эмоциональные состояния [3].

В большинстве музыкальных приложений музыка распределена на рекомендации по жанрам и по исполнителям, а к символно-буквенной маркировке это никакого отношения не имеет.

Первая маркировка, встретившаяся нам (рис. 1), – это буква E, отвечающая за цензуру песни. Буква E означает, что песня формата Explicit Content – в тексте песни есть ненормативная или нежелательная лексика.



Рис. 1. Маркировка песни «Сектора Газа» – Лирика буквой E

Далее, на рис. 2 мы обратили внимание на дополнения в скобках рядом с названием композиций в различных музыкальных сервисах, что является маркировкой типа переизданий.

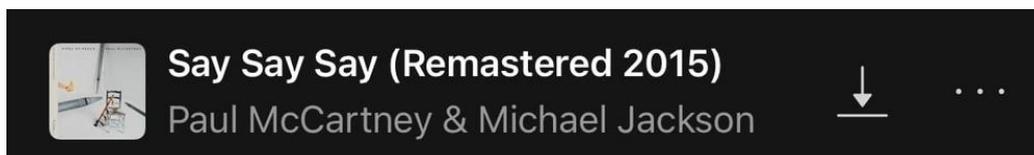


Рис.2. Обозначение ремастерованной версии песни
Say Say Say – Paul McCartney & MJ

(Remastered 2015) означает обработанную либо заново сведенную версию песни с более чистым звуком, в 2015 году.

Ремастерованная версия (англ. Remastered) – заново сведенный либо обработанный звуковой материал ранее издававшегося релиза на более совершенном оборудовании. При ремастеринге запись подвергается обработке, при которой убираются различные дефекты записи.

Трибьют (англ. Tribute) – релиз, целиком посвященный какому-либо исполнителю и состоящий из каверов на этого единственного исполнителя.

Кавер (англ. Cover) – релиз кавер-исполнителя, в отличие от трибьюта, содержащий каверы на разных исполнителей.

Ремикс (англ. Re-mix) – релиз, содержащий ремиксовые композиции (в новой аранжировке).

Диджей-микс (англ. DJ mix) – оригинальная последовательность музыкальных треков, идущих непрерывным потоком.

Микстейп (англ. mixtape) – диджей-микс, записанный на информационный носитель.

Edit – версия композиции, отредактированная с конкретной целью.

Также существуют специальные пометки, обозначающие участие в процессе создания, записи произведения другого коллектива или исполнителя. Пример – Paul McCartney & Michael Jackson (рис. 2).

Амперсанд «&» ставится в случае творческих союзов, дуэтов. Причем обязательно, чтобы это были настоящие фамилии, – это могут быть и псевдонимы.

Пометка feat (англ. featuring) употребляется, когда один коллектив или исполнитель принимает участие в записи другого на протяжении композиции, синглов или даже целого альбома [6].

Исходя из всего, что было изложено и проанализировано выше, предлагаем внедрить буквенную маркировку музыки в зависимости от типа принадлежности к какой-либо деятельности. Это сделано не для того, чтобы музыкальным приложениям было легче подбирать музыку под ваши предпочтения, а для того, чтобы человек смог выбирать и прослушивать музыку разных жанров, осознавая их влияние на его поведение, мышление и настроение. Для маркировки было выбрано шесть простых буквенных обозначений: D, W, S, R, SM и CD, которые обозначают первую букву от их английского слова-аналога.

Например: W – первая буква английского слова Work. SM – первые буквы словосочетания Setting the Mood, артикль the не учитывается.

Для вождения – (D) – Drive

Мы уверены, что почти каждый водитель, в том числе мы, владельцы двух замечательных автотранспортных средств, замечали за собой смену манеры вождения за прослушиванием громкой динамичной и тихой мелодичной музыки, но редко принимали это во внимание. Представляя опасность и неосознанность, по крайней мере, большинства молодых и начинающих водителей мы включили эту категорию в нашу маркировку. В категорию D войдут жанры регги, соул, кантри.

Частота: от 60 до 80 BPM. BPM – это количество четвертных нот в минуту, например, 120 BPM означает, что за секунду производится два удара.

Для работы – (W) – Work

Громкая музыка может быть не лучшим вариантом для научной и творческой деятельности.

Рекомендуем включить музыку классических жанров и нью-эйдж.

Частота от 70 до 100 BPM.

Для спорта – (S) – Sport

В категорию S попадут такие жанры, как хип-хоп, поп и рок.

Частота: от 90 до 120 BPM.

Для отдыха – (R) – Recreation

Категория R будет включать в себя жанр нью-эйдж и эмбиент.

Частота: от 60 до 70 BPM.

Задающая романтическое настроение – (SM) – Setting the Mood

В категорию SM попадут пауэр-поп и поп-рок.

Частота: от 100 до 125 BPM.

Для правильного развития ребенка – (CD) – Child Development

На данный момент в мире не существует достоверных долгосрочных экспериментов, которые бы показали, как различные музыкальные жанры повлияли на становление детей как личностей. Даже если представить теоретически существование такого эксперимента, то он, по нашему мнению, не смог бы дать точных и достоверных результатов, так как на становление человека влияет множество факторов, одни из которых: его воспитание, генетика, окружение и многое другое.

В категорию CD попадут: джаз, фанк, рок и классическая музыка.

Частота: от 60 до 130 BPM.

На рис. 3 показан пример, обозначенный буквенной символикой, помещенный в скобки, которые располагаются справа от названия песни.



Рис. 3. Визуализация предложенной маркировки

Буквы также могут сочетаться между собой, например, сочетание из категорий Work и Drive будут разделены символом «точка»: “D.W”, таким же образом

и другие категории. Очередность букв можно определить в алфавитном порядке. При введении данной маркировки вместе с обновлением в музыкальном приложении появится интерактивное электронно-техническое руководство с расшифровкой нашей буквенной маркировки, которое будет доступно для просмотра всегда [1]. Обновление происходит поэтапно. Сначала проводится тщательный анализ отзывов и пожеланий от целевой аудитории, далее продумывается логистика нового обновления, дизайн интерфейса и принцип работы, затем программисты приступают к разработке кода обновления на языке Kotlin – основном языке программирования приложений Android и Objective-c, Swift для IOS в интегрированной среде разработки программного обеспечения Xcode IDE. Итоговый результат проходит проверку работоспособности, после чего его загружают на музыкальный стриминговый сервис.

Изучив опыты ученых о влиянии музыки на человека, предлагаем простую систему маркировки музыки по категориям:

1. Музыка для вождения.
2. Музыка для занятий спортом.
3. Музыка для отдыха.
4. Музыка для работы.
5. Музыка для романтического настроения.
6. Музыка для развития ребенка.

Изучив влияние музыки на каждую из категорий, отсортируем для них наиболее подходящие жанры и введем буквенные обозначения, которые будут отображаться справа от названия песни.

Практическое применение маркировки музыки состоит в информировании целевой аудитории слушателей о принадлежности их к определенному психотипу. Обладая этой информацией, на основе практических опытов ученых и их изучении влияния музыки можно делать выводы об эмоциональном и умственном состоянии человека и даже прогнозировать поведение и характер в конкретных случаях. Также систематизация ритмов ВРМ и различных жанров помогла нам понять взаимосвязь между спокойным 60–90 ВРМ и возбужденным 90–130 ВРМ состояниями человека. Зная этот факт, можно самостоятельно настраивать себя и других на выполнение различного рода занятий, такие как отдых, работа или тренировки, не говоря о реализации маркетинговых и других целей.

Список использованных источников и литературы

1. *Popov, P. S. Improving the efficiency of energy saving technologies / P. S. Popov, P. A. Vochkareva, I. A. Kozlov // Современные технологии извлечения нефти и газа. Перспективы развития минерально-сырьевого комплекса (российский и мировой опыт): III Международная научно-практическая конференция имени В. И. Кудинова, Ижевск, 21–22 мая 2020 года. – Ижевск : Удмуртский университет, 2020. – Р. 203–210.*
2. *Дорфман, Л. Я. Эмоции и искусство / Л. Я. Дорфман // Вестник Российского гуманитарного научного фонда. – 1996. – № 1. – С. 147–154.*
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017664144 Российская Федерация. Энцефалофония – музыка мозга:

№ 2017661164: заявл. 31.10.2017: опубл. 18.12.2017 / Я. А. Гольдштейн, Д. Г. Гаврилов.

4. *Петрушин, В. И.* Музыкальная психология: Учебник и практикум / В. И. Петрушин. – 4-е изд., пер. и доп. – Москва : Юрайт, 2018. – 380 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-05289-3.

5. Музыкальная психология и психология музыкального образования: теория и практика: учебник для студентов музыкальных факультетов учреждений высшего педагогического профессионального образования / под редакцией Г. М. Цыпина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Академия, 2011. – 384 с. – (Высшее профессиональное образование. Педагогическое образование). – ISBN 978-5-7695-6036-1.

6. *Жадан, Р. В.* Педагогический артистизм будущего учителя музыки / Р. В. Жадан // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2021. – Т. 1. – № 3(76). – С. 51–63.

V. V. Korepanova, student

N. V. Pokoev, student, Nick_pokoу.w@mail.ru

A. A. Danilova, senior lecturer

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Labelling music. The influence of music on human behavior

The article examines the experimental statistics of scientists on the influence of various genres of music on human behavior. An accurate system of marking music by belonging to a person's activity with recommendations for listening is proposed and characterized. Based on the update of the streaming service for listening to music, it is proposed to develop and introduce the software of the created label with an explanation. The article shows how the chosen music affects the formation of character and mental abilities. The findings of this study can be used as a basis for further research that affects the field of technology, psychology, and music. This article was formed in several stages. The subject of the study and the topic of the article were formulated, the relevance was justified. Further, the goals and objectives of the study were determined. A search and study of scientific literature on this topic was carried out. General scientific and private research methods were applied in the article.

Keywords: music, psychology, labelling, research, influence.

А. В. Кочурова, магистрант, kochurova.anya@bk.ru
Е. А. Сабурова, канд. физ.-мат. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Анализ основных характеристик специализированного программного обеспечения для автоматизации внутреннего аудита

Создание единой информационной системы контроля, которая позволит решить все возникающие проблемы с получением, обменом, хранением, обработкой информации, значительно повысит эффективность службы контроля.

В ходе автоматизации аудит сможет предоставлять не только гарантии и консультации, то есть выполнять традиционные задачи, но и прогнозы. Служба контроля получит возможность анализировать данные в режиме реального времени и получать результат максимально быстро после наступления события, а в некоторых случаях и до его наступления. Соответственно, руководство, получая оперативную информацию от внутреннего аудита, имеет возможность предотвращать или хотя бы минимизировать риск от возникшей ситуации.

При принятии решения об автоматизации внутреннего аудита нужно быть готовым к определенным изменениям:

- существующие технологии необходимо адаптировать под потребности конкретной службы внутреннего аудита;*
- изменение подходов к тестированию должно повлечь за собой обновления методологии в целом;*
- изменение модели компетенции службы повлечет за собой необходимость повышения квалификации персонала.*

Ключевые слова: автоматизация, внутренний аудит системы менеджмента качества, специализированное программное обеспечение.

Система корпоративного контроля является неотъемлемой частью управления предприятием, она состоит из нескольких видов, которые определяются в соответствии с требованиями регуляторов [1]. Например, управление рисками, внутренний контроль и внутренний аудит. Они проверяют тем или иным способом возможность достижения поставленных целей предприятием, не допускают возникновения рисков событий, находят оптимальные пути развития.

Службы контроля проверяют одну и ту же информацию, работают с одними документами для того, чтобы составить различные отчеты, но для формирования одного взгляда на существующий бизнес.

Как показало исследование [2], при взаимодействии служб контроля возникают следующие проблемы:

- долгое получение данных и формирование отчетности;
- противоречивость данных;
- человеческий фактор;
- проблема взаимодействия служб.

Один из способов оптимизации служб контроля является создание единой информационной системы (далее – ЕИС) контроля, которая позволит решить все возникающие проблемы с получением, обменом, хранением, обработкой информации. Проведя анализ [3, 4], были выявлены преимущества применения ЕИС, а именно специализированного программного обеспечения (далее – ПО) (табл. 1).

В долгосрочной перспективе главным преимуществом автоматизации является сокращение затрат на проведение проверок. Подключение аудитора напрямую к процессу через данные и их визуализацию позволит проводить более целенаправленный и риск-ориентированный аудит, при этом выполняя 100 % программы аудита.

Таблица 1. Преимущества применение специализированного ПО

Преимущества	Возникающая возможность
Сокращение времени на подготовку документов	Больше внимания на содержание
Повешение качества планирования	Исключение задержек пропущенных работ. Перепланирования
История результатов	Быстрый анализ и формирование отчетности, выявление трендов, принятие управленческих решений и выявление новых рисков
Поддержка полного жизненного цикла внутреннего аудита	Единое рабочее место, с доступом ко всей информации
Система безопасности	Обеспечение конфиденциальности
На входе планирования – риски и показатели эффективности	Привязка результатов к целям компании
Наглядное представление результатов в виде отчетов	Сокращение времени на принятие решений

Преимущество, которое получает непосредственно руководство предприятия, это оперативность предоставления информации от внутреннего аудита. Рассмотрим два подхода: классический подход к аудиту [5, 6] и аудит с применением средств автоматизации [7, 8]. В классическом виде, аудиторы приходят, в лучшем случае, смотреть какой-либо процесс раз в год и на выборочных данных восстанавливают картину происходивших событий, но при этом между самим событием, его выявлением, выяснением деталей, согласованием рекомендаций с руководством проходит достаточно много времени. И очень часто, когда руководство получает результат, его можно применить только для того, чтобы предотвратить повторение рискованной ситуации в будущем, а зачастую все действия сводятся к наказанию виновных и то по истечении времени виновных на предприятии может не оказаться.

Когда используется аудит с применением автоматизированных процедур, то есть возможность анализировать данные в режиме реального времени и получать результат максимально быстро после наступления события, а в некоторых

случаях и до его наступления. Соответственно, руководство, получая оперативную информацию от внутреннего аудита, имеет возможность предотвращать или хотя бы минимизировать риск от возникшей ситуации.

Главной целью автоматизации процессов аудита является повышение эффективности процесса на основе систематизации и анализа данных.

Этапы аудиторского цикла, охватываемые автоматизацией:

1. Оценка рисков:

- динамическая и непрерывная оценка рисков фокусируется на наиболее критичных рисках, сдвигается к предоставлению гарантий в реальном времени;
- исследование рисков для конкурентной и продуктовой аналитики;
- методология Agile для включения новых рисков в процесс планирования.

2. Годовое планирование:

- координирование между тремя линиями предоставления гарантий;
- базовое предоставление гарантий сдвигается в сторону непрерывного мониторинга и отчетности;
- выявление необходимых ресурсов для выполнения конкретного аудита силами внутренней службы или с использованием внешних ресурсов.

3. Выполнение аудита:

- внутренние аудиты по Agile-методологии происходят в сжатые сроки, предоставляя решение задач в реальном времени;
- расширение охвата тестирования контрольных процедур с помощью автоматизации и анализа данных;
- эффективная отчетность позволяет вовлечь заинтересованных лиц и вывести коммуникацию на новый уровень;

4. Устранение недостатков:

- выявление нарушений по всем проектам и всем трем линиям;
- «психологическая безопасность» заинтересованных лиц обеспечивается фокусом на воздействие нарушения на бизнес;
- учитываются различные группы заинтересованных лиц для эффективной отчетности, нацеленной на пользователя.

Автоматизация внутреннего аудита состоит из двух элементов: автоматизации внутренних процессов и автоматизации аудиторских процедур [8]. В табл. 2 представлены способы автоматизации процессов и процедур внутреннего аудита предприятия.

При автоматизации внутреннего аудита организация может столкнуться со следующими вызовами:

- существенное количество времени в течение года затрачивается на ручные нестандартизованные процессы;
- устаревшие, дублирующие системы предоставляют ограниченные возможности для интеграции и применения анализа данных;
- необходимость повышения квалификации персонала в области новых технологий, аналитики и управления проектами;

– внутренний аудит сталкивается с увеличением регуляторных рисков, тучкой кадров и негативной обратной связью заинтересованных лиц из-за невозможности правильно и своевременно ответить на возникающие проблемы.

Таблица 2. Автоматизация внутренних процессов и аудиторских процедур

Автоматизация внутренних процессов	Автоматизация аудиторских процедур
Формирование единой среды для работы сотрудников ВА, включая механизмы журналирования операций и потоки согласования документов	Представление отдельных процедур с использованием преднастроенных автоматизированных средств обработки данных
Формирование аналитической отчетности	Выполнение мониторинга в режиме реального времени (непрерывный аудит)
Интеграция между системами ВА и ERP системой предприятия	
Интеграция между системами ВА и системами управления рисками и внутреннего контроля	Визуализация результатов аудиторских процедур в виде «Витрин» и интерактивных отчетов

При принятии решения об автоматизации внутреннего аудита нужно быть готовым к определенным изменениям. В первую очередь нужно понимать – готовых решений не существует, любые технологии придется адаптировать под потребности конкретной службы внутреннего аудита, но в этом и состоит их преимущество, так как каждое отдельное предприятие может закончить технологию именно под свои потребности таким образом, что она будет максимальной им отвечать.

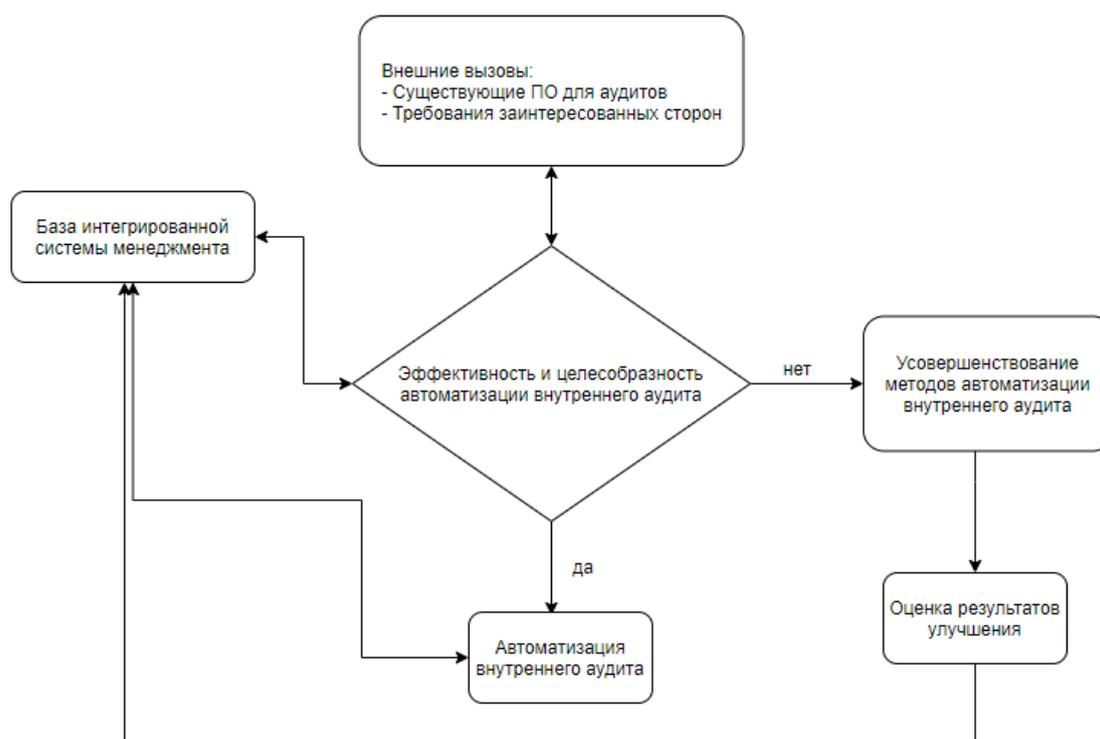
Второе, что нужно понимать, это изменение подходов к тестированию должно повлечь за собой и обновления методологии в целом. Кроме того, могут меняться и сами внутренние процессы службы, допустим, если раньше применялся проектный подход, то есть команды выполняли последовательно аудит за аудитом, то автоматизация может привести к тому, что какие-то отдельные, наиболее критичные проверки будут вестись непрерывно.

Третье, что нужно отметить, что, скорее всего, изменится и модель компетенции службы. Потребуется более технически подкованные специалисты. Также должно произойти и изменение мышления внутреннего аудитора, поскольку, имея более широкие технические возможности, задачи, которые внутренний аудит будет решать, будут постоянно усложняться. Помимо работы непосредственно в самой службе, должна вестись работа и внутри предприятия с руководством для того, чтобы выстраивать доверие к новым цифровым данным и к тем способам передачи информации, которые будут использоваться.

Таким образом, при внедрении специализированного программного обеспечения нужно быть готовым к определенным изменениям не только в службе контроля, но и на всем предприятии.

Организация информационных потоков при автоматизации внутреннего аудита представлена на рисунке в виде структурно-логической модели.

База интегрированной системы менеджмента состоит из программного обеспечения автоматизации процессов внутреннего аудита и персонифицирована с учетом положения работника в структуре предприятия и доступа к определенной информации.



Структурно логическая модель автоматизации внутреннего аудита.

В результате анализа характеристик специализированного программного обеспечения для автоматизации внутреннего аудита были подобраны несколько ПО отечественного производства:

1. «АВАКОР», специализированное ПО для автоматизации внутреннего аудита, внутреннего контроля и управления рисками. Программа обеспечивает полный цикл проверки и анализа данных, например, результаты прошлых аудитов и их мониторинг являются исходной информацией для последующего планирования, основанного на риск-ориентированном мышлении.

2. Подсистема планирования и проведения аудитов КИСМ. КИСМ существенно повышает прозрачность и эффективность проведения аудитов на предприятиях и последующей отработки их результатов за счет использования единого информационного пространства, автоматизированных процедур, а также системы уведомлений и напоминаний, что позволяет сократить время выполнения рутинных процессов и исключить ошибки, связанные с ручной деятельностью.

3. AuditModern предлагает концептуально новый подход к внутреннему аудиту с учетом российской действительности и особенностей бизнеса постсоветского пространства. ПО разработано на платформе, позволяющей, без потери функционала, удобную удаленную работу аудиторов на выезде в сети и вне сети.

Выбор того или иного программного обеспечения для автоматизация внутреннего аудита предприятия будет зависеть, в первую очередь, от нескольких факторов: потребности предприятия и его финансовых и технических возможностей. Окончательное же решение об применении ПО остается за руководством предприятия.

Список использованных источников и литературы

1. Чеботарь Ю. М. Корпоративное управление: монография / Ю. М. Чеботарь. – Москва : Академия менеджмента и бизнес-администрирования, 2017. – 136 с.
2. Сафронов, Ю. В. Распределение функций служб внутреннего аудита, внутреннего контроля и управления рисками в финансовом менеджменте предприятия // Управление финансовыми рисками. 2019. № 02 (58). С. 124–131.
3. Алибеков, Ш. И. Автоматизация работы службы внутреннего аудита / Ш. И. Алибеков, С. С. Сижажева, Л. Н. Жангуразова // Аудит и финансовый анализ. – 2015. – № 2. – С. 155–157.
4. Гудкова, А. В. Двенадцать преимуществ автоматизации аудита / А. В. Гудкова, С. А. Стрекалова // Образование и наука в современных реалиях : сборник материалов XI Международной научно-практической конференции (Чебоксары, 20 декабря 2019 г.). – Чебоксары: Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2019. – С. 281–282.
5. Гомолко, Н. В. Автоматизация аудита / Н. В. Гомолко, Л. А. Попкова // Научные записки орелгиэт. – 2010. – № 2. – С. 398–401.
6. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620277 Российская Федерация. Внутренний аудит. Часть 2 : № 2014621795 : заявл. 15.12.2014 : опубл. 13.02.2015 / М. Ф. Сафонова, В. П. Попов, И. Н. Калинина [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный аграрный университет».
7. Шибилева, О. В. Виды программного обеспечения в автоматизации аудиторской деятельности / О. В. Шибилева, И. В. Германюк, Ю. В. Еремкина // Вектор экономики. – 2017. – № 11 (17). – С. 5.
8. Хахонова, Н. Н. Служба внутреннего аудита: цели, задачи и принципы функционирования // Учет и статистика. – 2019. – № 1 (13). – С. 66–72.

A. V. Kochurova, undergraduate

E. A. Saburova, Candidate of Physico-mathematical Sciences, Associate Professor
Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

Analysis of the main characteristics of specialized software for automation of internal audit

The creation of a unified information control system, which will solve all the problems that arise with the receipt, exchange, storage, processing of information, significantly increases the efficiency of the control service.

During automation, the audit will be able to provide not only guarantees and consultations, that is, to perform traditional tasks, but also forecasts. The control service will be able to analyze data in real time and get the result as quickly as possible after the event, and in some cases before it occurs. Accordingly, the management, receiving operational information from the internal audit, has the opportunity to prevent or at least minimize the risk from the situation that has arisen.

When making a decision on the automation of internal audit, you need to be prepared for certain changes:

- *existing technologies need to be adapted to the needs of a specific internal audit service;*
- *changing approaches to testing should entail updating the methodology as a whole;*
- *the model of competence of the service will change, staff training will be improved.*

Keywords: automation, internal audit of the quality management system, specialized software.

Э. Г. Крылов, д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц.,
проф. кафедры «Механика», 649526@mail.ru

Е. П. Пономаренко, ст. преподаватель кафедры «Английский язык», catper@mail.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Роль рефлексии в формировании языковой личности студента технического университета

В условиях обучения иностранному языку студентов технического университета рассматривается явление рефлексии. Обосновывается положение о необходимости целенаправленного формирования рефлексивного поведения в целях взаимосвязанного развития личности будущих инженеров в профессиональном и языковом планах. Показаны возможности формирования рефлексии в процессе осуществления внеаудиторной интерактивной деятельности.

Ключевые слова: иностранный язык, рефлексия, обучение, языковая личность, инженерное образование.

Иностранный язык как учебная дисциплина в программах инженерного образования имеет огромный потенциал для развития профессионально значимых качеств будущих инженеров, необходимых для осуществления эффективной работы в современном информационном обществе во взаимосвязи с овладением ими иностранным языком как средством межкультурного и профессионального общения.

Очевидно, языковая личность будущего инженера должна формироваться в парадигме инженерной коммуникации [1–4]. Особенности инженерного менталитета, интеллектуальных процессов и поведенческих стереотипов проявляются через речевое поведение студентов, важной особенностью которого является тесная связь функциональной и смысловой характеристик речи, проявляющаяся в специфической речемыслительной деятельности. Поэтому одним из ключевых условий развития языковой личности студентов является активизация контекстно обусловленной речевой деятельности в процессе коммуникативно-направленного обучения, стимулирующего ценностно-смысловую направленность таких личностных структур сознания студентов, как субъектность, рефлексивность, мотивация и смыслотворчество.

Методические системы, построенные в рамках личностно-деятельностного, компетентностного, коммуникативно-когнитивного, контекстного и других основных методологических подходов к планированию и организации иноязычного обучения, объективно вносят существенный вклад в развитие языковой личности обучающихся. Однако наиболее полного раскрытия потенциала лич-

ности в условиях вузовского этапа становления молодых людей как профессионалов и членов социума, который характеризуется значительно большей степенью вариативности по сравнению с обучением в средней школе, можно ожидать от методики, предусматривающей интроспекцию субъектов учения, явный анализ своей учебной деятельности и достигнутых результатов. В рамках такой методики обучаемые получают возможность осмысливания целей и задач обучения, а педагог направляет их сознательную, активную, творческую деятельность. Поскольку основной категорией здесь выступает рефлексия обучающимися всего процесса обучения, взятого в целом и на каждом этапе, речь идет о *рефлексивном обучении*, его месте в системе формирования языковой личности студентов. Рефлексия обучающихся способствует эффективности процесса обучения иностранному языку в силу соответствия одному из основополагающих методических принципов – принципу активности и сознательности. Вовлечение в интеллектуальную мыслительную деятельность при обучении иностранному языку невозможно без процесса думания [5], а «рефлексия не только необходима для думания о думании, она ему предшествует» [6, с. 227].

Под рефлексией мы понимаем процесс осмысления индивидом своего опыта через умозаключения, обобщения, аналогии, сопоставления и оценки с целью понять, переоценить и аргументировать свои убеждения и ценности [7]. На вузовском этапе обучения феномен рефлексии связан со структурой теоретического мышления, оказывает влияние на процесс коммуникации и кооперации, развитие самосознания личности при обучении и воспитании. Практически любой процесс осознанного приобретения знаний, навыков и умений предполагает рефлексии обучающихся в той или иной степени. Однако целенаправленное формирование рефлексии в рамках специальной методики редко встречается в образовательной практике [8], что вступает в противоречие с требованием формирования языковой личности, способной и готовой к самостоятельной профессиональной деятельности с осознанным и активным использованием средств иноязычной коммуникации.

Целенаправленная работа по формированию у студентов потребности к пониманию, осмыслению, присвоению иноязычной учебной информации, и ее использованию в учебной и квазипрофессиональной (термин А. А. Вербицкого) деятельности, позволит задействовать все виды рефлексии: личностную, интеллектуальную, языковую и эмоциональную. Основные функции и виды рефлексии определены в работах Б. Г. Ананьева, Л. С. Выготского, А. Н. Леонтьева, С. Л. Рубинштейна и других ученых. Установлено, что рефлексия является структурным компонентом деятельности и, согласно А. Н. Леонтьеву, представляет определение соответствий между внешней (практической) деятельностью и внутренней (умственной) деятельностью [9]. Отражая осуществляемую деятельность во внутреннем плане через самоанализ и осмысление, студент может ее совершенствовать.

Процесс обучения иностранному языку может стимулировать развитие рефлексии студентов за счет активизации мышления благодаря включению в учеб-

ный процесс проблемных заданий, удовлетворяющих познавательные потребности студентов; развития способностей к целенаправленному поиску и переработке получаемой информации; формирования субъект-субъектных взаимодействий в диаде «преподаватель – студент»; создания благоприятного климата и атмосферы доброжелательности; предъявления высоких требований к студенту.

Формирование рефлексивного поведения при обучении иностранному языку требует значительных затрат времени, поскольку предполагает, помимо обязательных по программе учебных упражнений, выполнение самостоятельных творческих заданий, побуждающих студентов анализировать информацию, критически осмысливать и обдумывать решения, ставить под сомнения имеющиеся факты, выбирать стратегию для своей деятельности. Поэтому целесообразной и необходимой представляется интеграция аудиторной и внеаудиторной видов деятельности, взаимодополняющих друг друга.

Из-за ограниченности временных ресурсов и необходимости следования тематическому плану и содержанию учебной программы достаточно сложно «заглянуть во внутренний мир» каждого студента и удовлетворить его индивидуальные познавательные потребности, чтобы максимально повысить его мотивацию. В то время как в рамках организации внеаудиторной работы это становится возможным благодаря осуществлению квазипрофессиональной деятельности, продуктивной и творческой по характеру.

При условии рефлексивного проектирования аудиторного учебного процесса преподавателем и личностной рефлексии этого процесса студентом (самоанализ, самооценка, самопроектирование и самореализация) можно реализовать такое обучение в аудитории, при котором студент осознает и принимает учебные задачи; участвует в формулировании учебных задач; самостоятельно корректирует и соотносит текущие и конечные результаты учебной деятельности с поставленными целями; мотивирован на выполнение учебной деятельности; нацелен на осмысление учебного материала и установление междисциплинарных связей; анализирует, контролирует и регулирует ход своей учебной деятельности; способен оценить результаты своей деятельности [10, 11]. При этом задействуются следующие виды рефлексии:

- личностная: самооценка своих мотивов изучения иностранного языка и понимание ценности выполнения учебного задания;
- интеллектуальная: осознание своих интеллектуальных ресурсов и когнитивных способностей обработки информации для осуществления предлагаемой деятельности на иностранном языке;
- языковая: анализ своих языковых возможностей и уровня практического владения иностранным языком на данном этапе;
- эмоциональная: внутреннее фиксирование эмоционального восприятия проблемной иноязычной ситуации.

Известно, что успешная учебная деятельность возможна только при возникновении у студентов желания ее реализовывать, а для этого им необходима личностно значимая цель, которая является спусковым механизмом к овладению знаниями.

Анализ психолого-педагогической литературы показывает, что при осуществлении самостоятельной работы в той или иной форме студенты становятся более активными субъектами познания, поскольку они сами формулируют лично значимые цели и могут задавать вектор своей деятельности. При осуществлении самостоятельной мотивированной деятельности обучающиеся способны принимать проблемную ситуацию, находить, понимать, усваивать и использовать необходимую информацию, формулировать задачи и находить пути их решения в рамках достижения поставленной цели, что невозможно без активной рефлексии.

Для развития рефлексии в рамках иноязычного обучения большие возможности предоставляет внеаудиторная самостоятельная работа. В этом случае деятельность студента представляет собой целую программу, скоординированную в пространстве и времени. Программа, к составлению которой студент приступает на основе внешней информации нормативного характера (например, положения мероприятий, правила конкурсов), индивидуальна, поскольку она опирается на личностные представления о последовательности действий и способах их реализации. Цель внеаудиторной деятельности, изначально внешняя по характеру, трансформируется во внутреннюю цель, порождая личностный смысл этой деятельности. Студент рефлексиирует как весь процесс, так и результат своих действий.

При организации внеаудиторной работы особое место занимают интерактивные методы, побуждающие к активному общению, создающие условия для рефлексии своих поступков и образа «Я» через механизмы коммуникации. Для формирования языковой личности будущих инженеров интерактивность, активная коммуникация имеет особое значение в силу диалектического единства имеющегося и желаемого: специфических особенностей языкового поведения студентов, сопровождающегося целым рядом затруднений, и возрастающей важности реализации специалистом коммуникативных умений и их влияния на успешность профессиональной деятельности.

Такие виды интерактивной внеаудиторной деятельности, как *групповые дискуссии, дебаты, прения*, помогают формировать перцептивно-рефлексивные процессы в структуре коммуникативной компетентности личности. В ходе обсуждений протекает процесс удвоенного зеркального взаимного отображения студентами друг друга, воссоздающего их особенности. Итоговая рефлексия дискуссии ее участников позволяет проанализировать и подвести итоги в отношении индивидуальной работы каждого студента, а также оценить эффективность совместной деятельности группы в целом.

На формирование рефлексивного поведения и языковой личности положительное влияние оказывает *метод проектов*, поскольку проектная деятельность стимулирует процессы самоорганизации и самоуправления. Проектная деятельность способствует интенсификации рефлексии в мышлении (осмысление собственных действий), в деятельности (установка на сотрудничество и кооперацию), в коммуникации (обмен опытом, эмоциями, информацией) и в самосознании (самоопределении личных ориентиров).

Метод кейсов (case study) позволяет не только вырабатывать решение по проблемной ситуации на основе опыта студента, но и создает условия для расширения идентификаций, идентичностей и позиций, определяющих развитие рефлексии студентов. На первом ознакомительном этапе с условиями кейса идет рефлексия, направленная на выполнение проблемного задания, необходимая для принятия различных точек зрения. Далее, на стадии поиска актуализируется направленность рефлексии в трех направлениях: 1) творчество – при генерации новых идей и выработке творческих решений; 2) индуктивный и дедуктивный способы работы с информацией; 3) на «Я» и «Другого» – при идентификации с разработчиком кейса и реальными или вымышленными героями кейса. На финальной стадии при рефлексии работы с кейсом студенты описывают свой опыт, который позволяет выявить проблемные места в языковой подготовке и возникшие трудности, а также наметить методические решения, которые будут эффективны как для развития иноязычных компетенций студентов, так для дальнейшего развития рефлексии.

В силу тесной связи мотивации с рефлексией реализация отмеченных интерактивных методов учебной деятельности будет успешной, если созданы особые условия, побуждающие студента к обдумыванию предлагаемых учебных заданий, вызывающие у него потребность и стремление к пониманию учебной информации, а также направленные на осмысление и осознание существующих закономерностей и противоречий изучаемого материала. Поскольку знание – это «рефлексивно оформленное содержание ценностно-смысловой сферы человека» [12, с. 112], то приращение и применение знаний зависит от того, насколько студент готов заниматься определенной деятельностью и контролировать процесс ее реализации. По меткому замечанию Н. М. Голубевой, сами по себе иноязычные знания бесполезны, если студент не готов их использовать в своей деятельности самостоятельно и для разработки своего собственного интеллектуального продукта [11].

Таким образом, целенаправленное формирование рефлексивного поведения помогает студентам более глубоко погрузиться в образовательный процесс, активизирует их личностный потенциал, нацеливает на обучение в течение всей жизни, улучшает профессиональную адаптируемость и социальные навыки – и на основании этого оказывает положительное влияние на развитие языковой личности будущего инженера, способной и готовой к продуктивной профессиональной коммуникации на родном и иностранном языках.

Список использованных источников и литературы

1. *Авдеева, И. Б.* Инженер говорящий, пишущий, читающий, слушающий и думающий: формирование языковой личности / И. Б. Авдеева // Современная парадигма преподавания и изучения русского языка как иностранного: материалы межд. научно-практ. конф. – Москва : МПГУ, 2019. – С. 14–18.

2. *Гайбарян, О. Е.* К вопросу о формировании вторичной языковой личности выпускников технических вузов / О. Е. Гайбарян, Г. И. Мясищев // ИВД. – 2016. – № 4 (43). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-formirovanii-vtorichnoy-yazykovoy-lichnosti-vypusknikov-tehnicheskikh-vuzov> (дата обращения: 24.12.2021).

3. Елохова, Г. В. Профессиональная языковая личность будущего инженера: теоретический аспект / Г. В. Елохова, Л. А. Романенко // Сибирский филологический журнал. – 2015. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/professionalnaya-yazykovaya-lichnost-buduschego-inzhenera-teoreticheskiy-aspekt> (дата обращения: 24.12.2021).
4. Крылов, Э. Г. Системность инженерной и гуманитарной подготовки специалистов как важное условие устойчивого развития техносферы / Э. Г. Крылов // Индустрия перевода. – 2018. – Т. 1. – С. 239–246.
5. Серова, Т. С. Технология овладения лексико-грамматическими средствами на основе речемыслительной деятельности думания и извлечения информации в информативном чтении / Т. С. Серова, А. Р. Сабитова // Язык и культура. – 2020. – № 49. – С. 276–294.
6. Зинченко, В. П. Опыт думания о думании. К восьмидесятилетию В. В. Давыдова (1930–1998) / В. П. Зинченко // Вопросы философии. – 2010. – № 11. – С. 75–91.
7. Шигабетдинова, Г. М. Феномен рефлексии: границы понятия / Г. М. Шигабетдинова // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2014. – № 2 (1). – С. 415–422.
8. Барышева, Т. Д. Рефлексивный подход к развитию профессионального сознания и самосознания будущих педагогов-психологов в условиях модернизации высшей школы / Т. Д. Барышева // Вестник Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. – 2011. – № 3. – С. 47–50.
9. Леонтьев, А. Н. Деятельность. Сознание. Личность / А. Н. Леонтьев. – Москва : Политиздат, 2005. – 304 с.
10. Уман, А. И. Рефлексивная структура процесса обучения / А. И. Уман, М. А. Федорова // Проблемы современного образования. – 2011. – № 2. – С. 71–77.
11. Голубева, М. В. Рефлексивное обучение как основа развития творческого мышления студентов / М. В. Голубева // Научный поиск. – 2014. – № 1(11). – С. 24–26.
12. Шаров, А. С. Принципы и методы рефлексивного обучения в вузе / А. С. Шаров // Высшее образование в России. – 2008. – № 6. – С. 110–114.

E. G. Krylov

E. P. Ponomarenko

The Role of Reflection in the Formation of the Linguistic Personality of a Technical University Student

The phenomenon of reflection is considered in the context of teaching a foreign language to students of technical university. The necessity of purposeful formation of reflexive behavior for the development of the personality of future engineers in the professional and linguistic aspects is proved. The possibilities of formation of reflection in the process of extra-curricular interactive activities are shown.

Keywords: foreign language, reflection, teaching/learning, language personality, engineering education.

Е. В. Лебедева, магистрант, lebedeva21kv@gmail.com
В. С. Клековкин, д-р техн. наук, проф.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Личностные качества как важная составляющая инновационной активности на предприятии

Инновационная деятельность предприятия напрямую зависит от инновационной активности персонала. В настоящее время проведено множество исследований, которые описывают в различных аспектах инновационную активность предприятия и его составляющие. Персонал является важнейшей частью инновационного процесса, но его активность в основном связывают с применением методов стимулирования. Анализ поддержания инновационной среды для сотрудников в трех мировых странах показывает, что не везде создается та атмосфера, которая необходима сотрудникам для проявления своего творческого потенциала.

Для эффективной инновационной деятельности предприятия необходимо создать не только инновационную среду и проявлять стимулирование в отношении сотрудников, но и значительную роль отдавать именно личностным качествам. Существует несколько различных категории людей, которые раскрывают степень проявления инновационной активности. Исходя из категорий, идет отбор именно тех сотрудников, которые имеют потенциал для формирования инновационной деятельности, которая в свою очередь формируется из нескольких этапов.

Ключевые слова: инновационная активность, персонал, личностные качества, инновационный потенциал.

Постоянное развитие экономических отношений в различных сферах показывает, что инновационная деятельность предприятия выступает основой для поддержания и обеспечения конкурентной борьбы на любых отраслевых рынках [1].

На данный момент существует множество различных определений понятий «инновация» и «инновационная деятельность». Под инновацией понимают какое-либо внедренное или внедряемое новшество, с помощью которого можно повысить эффективность процессов и улучшить качество производимой продукции, являющейся востребованной на рынке. Понятие инновационной деятельности является довольно разносторонним, одни уделяют особое внимание ее творческой составляющей, другие – производственной части процесса, третьи концентрируются на требованиях потребителей [1].

Основным показателем применимости инноваций на предприятии является инновационная активность. Она является неотъемлемой частью инновационного процесса и одной из важнейших характеристик инновационной деятельности предприятия [3].

Предприятиям промышленного производства особенно важна роль инновационной активности персонала, ведь результаты его работы в области инноваций во многом зависят от навыков персонала: мысли, предложения и действия [1]. Это можно объяснить тем, что именно работники, которые изо дня в день работают на своих местах, выполняя различные обязанности, знают, как можно усовершенствовать определенный производственный процесс.

Для того чтобы заинтересовать сотрудников в инновационной деятельности, необходимо создать такую среду или механизм, которые смогут обеспечить постоянную поддержку и стимулирование инновационной активности сотрудников. Это можно осуществить с помощью различных мотивационных инструментов, повышения квалификации, а также необходимо раскрывать и развивать личностные качества персонала.

На многих предприятиях различных отраслей слабо развито управление проявлением креативных способностей сотрудников, а также не созданы комфортные условия для развития и стимулирования творческой деятельности.

Рассмотрим, как создается инновационная среда, способствующая повышению инновационной активности персонала на примере трех мировых стран – США, Япония, Россия [1].

Первый параметр – отношение к инновациям. Можно отметить, что в США стремятся все время улучшать имеющиеся у них технологии, а также разрабатывать и внедрять какие-либо новые. В это время в Японии акцентируют внимание только на совершенствовании уже внедренных технологий. Отношение России к инновациям нельзя определить стремлением внедрить что-то новое, идеи сотрудников редко поддерживаются, проявление инициативы наказуемо, присутствует боязнь новых технологий, изменений, провала экспериментов.

Второй параметр – концентрация внимания. Исследуя этот фактор, мы можем говорить о том, что в США ориентируются на требования потребителя, а в Японии на качество. Тем самым США увеличивает количество инноваций, а Япония улучшает качество имеющихся продуктов, не гонясь за количеством. Россия же, в свою очередь, не акцентирует свое внимание ни на качестве, ни на требованиях рынка, но имеет желание стать монополистом.

Третий параметр – отношение к сотрудникам. Однозначно в США и Японии очень ценят свой персонал. Они создают условия для комфортной работы, внедряли систему стимулирования в виде льгот, бонусов и скидок. Что касается России, то персонал используется просто как ресурс, необходимый для работы предприятия.

Четвертый параметр – развитие сотрудников. Так как в США и Японии персонал очень сильно ценится, то и на его развитие они не жалеют денежных ресурсов, эти затраты у них заложены в бюджет.

Пятый параметр – доходы от инновационной деятельности. США используют доходы для реализации новых идей и предложений своих сотрудников. Так как Япония делает упор на качество, то и полученный доход они вкладывают в идеи по улучшению и совершенствованию качества. В России доходы не являются средством дальнейшего развития и совершенствования технологий, они уходят в руки акционеров.

Сравнительный анализ ключевых параметров показывает, что в России не всегда поддерживается активность сотрудников, они являются ресурсом для осуществления деятельности предприятий [3]. Нам необходимо уделить особое внимание сотрудникам, ведь именно от них зависит развитие предприятия в инновационной сфере.

Важно не только прислушиваться к идеям сотрудников, но и оценивать их личностные качества. Они играют немаловажную роль в активном проявлении креативных идей.

Каждый человек – это личность, обладающая индивидуальными личностными качествами: характером, темпераментом, психическими особенностями. Исходя из этого на предприятии или в компании при равных условиях работы проявление инновационной активности сотрудниками будет различным. Для лучшего понимания зависимости личностных качеств и инновационной активности сотрудников приведем классификацию, раскрывающую их сущность.

1. Творческие пассионарии

Люди, обладающие способностью превращать свою энергию в целенаправленную работу. Они активно участвуют в разработке и выдвижении различных новых предложений, обладают способностью оказывать влияние на своих коллег [2]. Таких сотрудников очень мало и они являются самыми ценными, так как им не нужны дополнительные стимулы для работы.

2. Разработчики новых идей

Люди, участвующие в разработке новых идей, предложений и проектов, но, в отличие от творческих пассионариев, не оказывают никакого влияния на коллег по работе.

3. Обладатели высокого творческого потенциала

Люди, которые выдвигают свои предложения и высказывают идеи, но если ожидаемого отклика не получают, то прекращают проявление своей инициативы.

4. Способные к творческому процессу

Люди, раскрывающие свои творческие способности и проявляющие инновационную активность исключительно из-за получения определенного вознаграждения.

5. Обладатели творческих способностей

Люди, не проявляющие своих творческих способностей просто так, но если оказать на них давление специальными методами, то они начинают активно использовать свои способности.

6. Замотивированные на творчестве

Люди, которые готовы проявлять свои способности и выдвигать новые идеи только в случае постоянной и сильной мотивации.

7. Со скрытыми творческими способностями

Люди, которые имеют творческий потенциал, но не знают о нем. Они начинают проявлять свою инновационную активность, только когда в этом есть необходимость.

8. Не способные к творчеству.

Люди, не проявляющие творческую инновационную активность даже при наличии различных стимулирующих факторов.

Для того чтобы деятельность и управление было эффективным, важно учитывать, к какой категории относится тот или иной сотрудник [2], а также оценивать компетенции персонала.

Оценить компетенции сотрудников можно различными методами, которые могут быть защищены авторским правом [5]. Наиболее эффективными являются комбинированные методы, так как содержат в себе и количественные, и описательные показатели.

Примером может выступить метод суммы оценок. Он характеризуется тем, что сначала на основе внешних воздействий формируются необходимые компетенции ($K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$) для ведения эффективной инновационной работы, затем проводится оценка личностных качеств каждого сотрудника на соответствие этим компетенциям. Она заключается в сравнении имеющихся качеств с необходимыми компетенциями путем экспертных оценок или проведением различных тестов ($G_n = L_n \leq K_n$). В конечном итоге мы можем определить общую оценку по каждому сотруднику путем суммирования произведения количественной характеристики (G_n) на весовой коэффициент (i). Данный процесс можно представить в виде математической модели (рисунок).



Математическая модель

Математическая модель позволяет наглядно увидеть, какие внешние факторы влияют на формирование компетенций и что нам это дает. Если общая оценка сотрудника будет соответствовать необходимому уровню, то правильное управление и развитие потенциала в дальнейшем приведет к повышению инновационной активности сотрудника.

После определения категории и имеющихся компетенций будет возможность отобрать именно тех сотрудников, которые имеют потенциал для формирования инновационной деятельности.

Инновационная деятельность сотрудников формируется в несколько этапов: готовность сотрудников, проявление активных действий, формирование поведения и мышления.

Под готовностью сотрудников к инновациям подразумевают психологические и практические составляющие [2, 4]. К психологическим составляющим относят познавательные, эмоциональные, мотивационные, волевые составляющие психики человека. Практическими являются профессиональные навыки сотрудника.

Проявление активных инновационных действий является частью инновационного поведения. Если действия сотрудника становятся систематическими или постоянными, то можно говорить уже о формировании инновационного поведения. Начинает проявляться творческий подход к работе.

Формирование мышления – это процесс постоянной работы над собой. Характеризуется саморазвитием и стремлением к совершенствованию своих умений и навыков.

Таким образом, инновационная активность сотрудников в большей степени зависит от их личностных качеств. Наиболее важными являются: способность и готовность к инновационной деятельности, а также стремление к самореализации и реализации новых идей. Предприятие должно обладать желанием и готовностью формировать и правильно использовать инновационный потенциал своих сотрудников для осуществления эффективной инновационной деятельности.

Список использованных источников и литературы

1. Вэй, В. Ю. Инновационная активность персонала как основа реализации эффективного менеджмента высокотехнологичных предприятий / В. Ю. Вэй, Я. С. Горшкова // Креативная экономика. – 2019. – Т. 13, № 2. – С. 341–356. – DOI 10.18334/ce.13.2.39961.

2. Омарова, А. А. Инновационная активность работников промышленных предприятий / А. А. Омарова, И. С. Пелымская // Весенние дни науки : сборник докладов, Екатеринбург, 22–24 апреля 2021 года ; Министерство науки и высшего образования РФ; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина ; Институт экономики и управления. – Екатеринбург : Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, 2021. – С. 260–264.

3. Инновационное поведение сотрудников российских и иностранных компаний / Е. С. Балабанова, А. Г. Эфендиев, А. С. Гоголева, П. С. Сорокин // Вестник Санкт-Петербургского университета. Социология. – 2019. – Т. 12, № 3. – С. 215–233. – DOI 10.21638/spbu12.2019.301.

4. Внуков, Г. С. Роль компании в формировании условий реализации инновационной активности персонала // Инноватика-2020 : сборник материалов XVI Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 23–25 апреля 2020 года / под ред. А. Н. Солдатов, С. Л. Минькова. – Томск: Общество с ограниченной ответственностью «СТТ», 2020. – С. 413–416.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015660432. Аттестация и оценка персонала : № 2015617050 : заявл. 29.07.2015 : опубл. 30.09.2015 ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Ай-Сис Лабс».

E. V. Lebedeva, undergraduate

V. S. Klekovkin, doctor of technical Sciences, Professor

Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

Personal qualities as an important component of innovative activity in an enterprise

The innovative activity of the enterprise directly depends on the innovative activity of the personnel. Currently, many studies have been carried out that describe the innovative activity of an enterprise and its components in various aspects. The staff is the most important part of the innovation process, but its activity is mainly associated with the use of incentive methods. An analysis of maintaining an innovative environment for employees in three world countries shows that the atmosphere that employees need to show their creative potential is not created everywhere.

For effective innovative activity of an enterprise, it is necessary to create not only an innovative environment and encourage employees, but also give a significant role to personal qualities. There are several different categories of people who reveal the degree of manifestation of innovative activity. Based on the categories, there is a selection of precisely those employees who have the potential for the formation of innovative activity, which in turn is formed from several stages.

Keywords: innovative activity, personnel, personal qualities, innovative potential.

А. Д. Макаров, бакалавр, antmak136@gmail.com
А. В. Седова, канд. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Развитие велоспорта и строительство спортивных объектов как драйвер развития велоинфраструктуры города

Новые тенденции разумного потребления, здорового образа жизни и сокращения выбросов углекислого газа в городской среде популяризируют велосипед как новый тип транспортного средства. По сравнению с европейскими странами в России велосипед еще не достиг большого внимания со стороны горожан. Однако в России, согласно социальным опросам, есть запрос на развитие велосипедной инфраструктуры. Данное исследование рассматривает, как рост велоинфраструктуры может зависеть от развития велоспорта в стране. В статье представлено как сравнение различных городов по индексу обеспеченности населения велодорожками, так и выявление стран-лидеров в статистике спортивных побед, количества крытых велотреков и проводимых чемпионатов мира. В качестве объекта для сравнения в исследовании выступает город Ижевск. На основе открытых данных о велоинфраструктуре города и документе о стратегии развития Удмуртской Республики в статье рассматриваются выявленные критерии и как они могут повлиять на развитие велосипедной инфраструктуры в России.

Ключевые слова: велоинфраструктура, велосипед, велотрек, спорт, транспорт, велосеть, велодорожки.

Введение

Неразвитая велосипедная инфраструктура российских городов давно стала проблемой, как отмечают ученые. На данный момент в этой области Москва проигрывает европейским городам. В Санкт-Петербурге за счет федеральных средств новые велодорожки появляются стремительнее, чем в других регионах России. Из-за ошибок в проектировании городской транспортной структуры существующие сети велосипедных дорожек получились несвязными и небезопасными. Альтернативой может выступить город Альметьевск, где к планированию велодорожной сети подключилось датское бюро Copenhagenize Design Company. За счет комплексного подхода к проектированию за короткий отрезок времени удалось расширить единую сеть велодорожек в несколько раз [1].

Немаловажным фактором в развитии транспортной инфраструктуры города являются велообщества. В некоторых регионах России встречаются велолюбители, которые предлагают свою точку зрения в развитии сети велосипедной инфраструктуры города [1].

Современные тенденции в развитии велосипедной инфраструктуры идут от частного к общему. Один из современных тезисов популяризации велодвижения состоит в том, что велосипед можно использовать не только для занятия спортом, но и для обычного передвижения по городу. Так, велосипед, являющийся в умах городских жителей неотъемлемой частью спортивного направления, с каждым годом набирает популярность как альтернативное транспортное средство [2].

Таким образом, можно рассматривать обратный подход к расширению городской велосети. Целью исследования можно считать ответ на вопрос: «Что будет, если начать активно развивать спортивные объекты, которые будут стимулировать людей одновременно заниматься велоспортом и использовать велосипед, как основное транспортное средство?» Примерами этому могут послужить как площадки под открытым небом (открытый велотрек, ВМХ-площадки, памп-треки), так и крытые, которые будут особо актуальны в холодное время года.

Строительство профильного спортивного объекта может послужить «эффектом Бильбао» в неразвитой велосипедной среде города. Однако российский опыт в городе Омске показывает, что строительство в 2014 году крытого велотрека не привело к существенным изменениям в велоинфраструктуре. Это происходит, как было указано ранее, из-за отсутствия комплексного подхода в проектировании.

В рамках исследования предлагается выбрать здание крытого велотрека и рассмотреть, как развитие в области соревнований по велотреку может улучшить качества велоинфраструктуры обычного российского города Ижевск.

Исследование городских велосетей

Согласно базе данных сервиса тренировок Strava, популярными местами для катания на велосипеде являются центральная и восточная части городской дорожной сети, где преимущественно отсутствуют велодорожки, то есть пользователи приложения катаются на велосипеде либо по тротуарам, либо по полосам движения автотранспорта. Другим популярным местом для велотренировок являются парки и городские леса, где, соответственно, пользователи тренируются по пересеченной местности. Также в городе расположены объекты велоинфраструктуры: 2 памп-трека, несколько ВМХ-рампы и велостадион, соседствующий со школой велоспорта.

В 2021 году население в Ижевске составляло 646 468 человек, плотность населения – 2051 чел/км², суммарная длина велодорожек в городе 23 700 м на основании открытой базы данных OpenStreetMap [3]. Для проведения сравнительного анализа с другими городами предлагается ввести параметр для исследования – индекс обеспеченности населения велодорожками. Такой параметр получается делением суммы велодорожной сети на общее количество жителей в городе, полученное значение показывает, сколько метров велосети рассчитано на одного человека. Таким образом, для Ижевска этот параметр равен 0,04 м/чел.

В исследовании рассматриваются города с похожей численностью населения и наличием такого типа спортивного объекта, как крытый велотрек. С помощью открытой базы данных OpenStreetMap было изучено 8 зарубежных городов.

Стоит отметить, что в расчете присутствует погрешность относительно реальной городской ситуации за счет отсутствия нужных категорий в сортировке данных сервиса.

Результаты исследования (рис. 1):

1. Манчестер, Великобритания:

- суммарная длина велодорожек – 232 314 м;
- население – 552 858 человек;
- плотность населения – 4716 чел/км²;
- обеспеченность населения велодорожками – 0,42 м/чел.

2. Глазго, Великобритания:

- суммарная длина велодорожек – 225 067 м;
- население – 635 640 человек;
- плотность населения – 6 909 чел/км²;
- обеспеченность населения велодорожками – 0,35 м/чел.

3. Антверпен, Бельгия:

- суммарная длина велодорожек – 821 104 м;
- население – 529 247 человек;
- плотность населения – 2 457 чел/км²;
- обеспеченность населения велодорожками – 1,55 м/чел.

4. Гент, Бельгия:

- суммарная длина велодорожек – 565 838 м;
- население – 263 614 человек;
- плотность населения – 1 688 чел/км²;
- обеспеченность населения велодорожками – 2,15 м/чел.

5. Апелдорн, Нидерланды:

- суммарная длина велодорожек – 340 779 м;
- население – 161 156 человек;
- плотность населения – 460 чел/км²;
- обеспеченность населения велодорожками – 2,11 м/чел.

6. Пальма, Испания:

- суммарная длина велодорожек – 102 390 м;
- население – 419 326 человек;
- плотность населения – 1 968 чел/км²;
- обеспеченность населения велодорожками – 0,24 м/чел.

7. Гренобль, Франция:

- суммарная длина велодорожек – 570 878 м;
- население – 158 346 человек;
- плотность населения – 8725 чел/км²;
- обеспеченность населения велодорожками – 3,61 м/чел.

8. Брисбен, Австралия:

- суммарная длина велодорожек – 1 007 274 м;
- население – 2 514 184 человек;

- плотность населения – 1669 чел/км²;
- обеспеченность населения велодорожками – 0,41 м/чел.

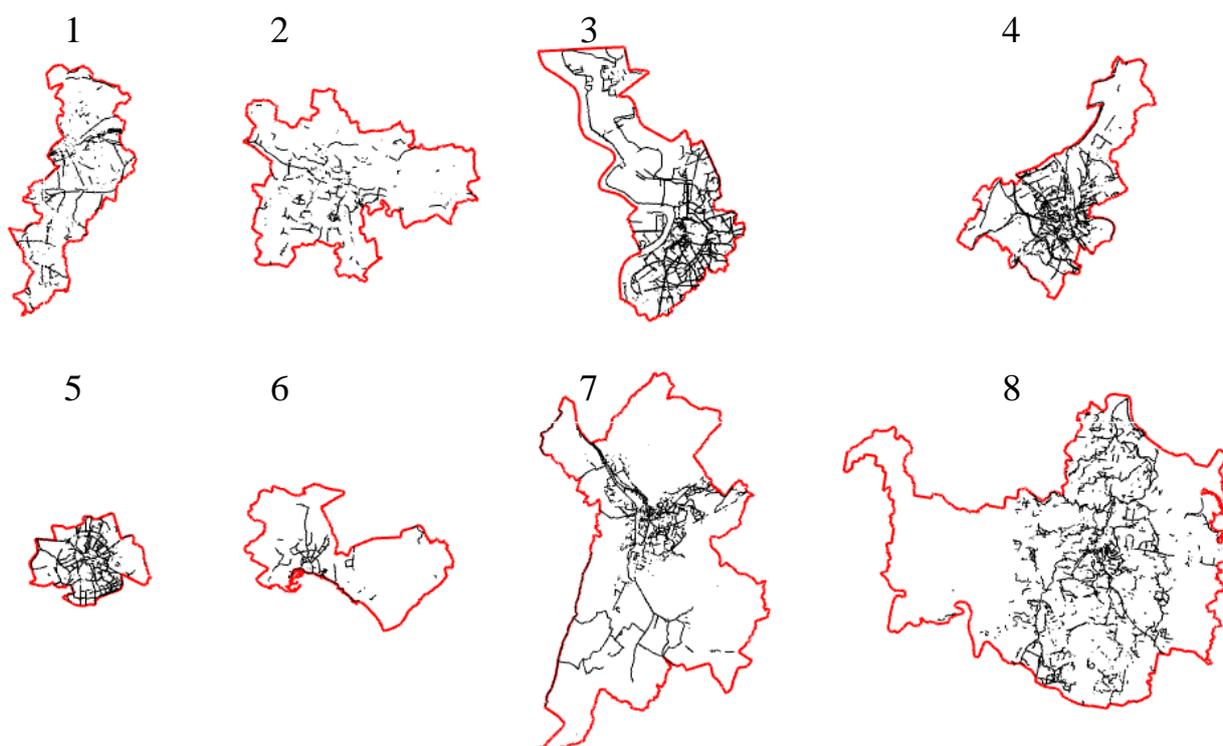


Рис. 1. Исследование городских велосетей: 1 – Манчестер, 2 – Глазго, 3 – Антверпен, 4 – Гент, 5 – Апельдорн, 6 – Пальма, 7 – Гренобль, 8 – Брисбен; красный цвет – граница города, черный цвет – городская сеть велодорожек

Из особенностей в исследовании можно выделить, что сравнение по параметру общей городской площади не велось, так как это значение относительное. Например, города Великобритании Манчестер и Глазго являются центрами агломераций, поэтому официальная площадь города, значительно уступает площади всей агломерации. В противовес этим городам можно поставить австралийский Брисбен. Фактическая общая площадь города обусловлена включением в муниципальные границы больших лесных и островных участков. Таким образом, разная градостроительная ситуация Глазго, Манчестера и Брисбена дает примерно один показатель обеспеченности в 0,4 метра велодорожки на одного человека.

Самые большие значения по обеспеченности получились у городов Бельгии, Нидерландов и Франции. Эти страны – одни из лидеров в развитии велосипедной инфраструктуры [4]. Бельгийские и австралийские города из всех, представленных в списке, сопоставляются с Ижевском по численности и плотности населения. Полученные результаты показывают разброс индекса обеспеченности населения велодорожками между обычными европейскими городами и столицей региона в 38–50 раз.

Исследование спортивной статистики соревнований по велотреку

Для ответа на главный вопрос необходимо выявить самые успешные страны в соревнованиях по велотреку. Для анализа берется статистика чемпионатов

мира по трековому велоспорту, проводимая Международным союзом велосипедистов (UCI). Предлагается рассмотреть период 1986–2024 гг. Так, с 1986 года соревнования проводятся в здании с крытым велотреком (табл. 1–3).

Таблица 1. Перечень стран лидирующих по количеству организованных чемпионатов мира 1986–2024

№	Страна	Количество ЧМ
1	Франция, Великобритания	5
2	Германия	4
3	Дания, Австралия	3
4	Нидерланды, Польша, Колумбия, Испания, США, Колумбия, Бельгия	2

Таблица 2. Перечень стран лидирующих в трековых велогонках по количеству медалей за все время

№	Страна	Золото	Серебро	Бронза	Итог
1	Франция	145	117	129	391
2	Германия / ГДР	114	105	121	338
3	Великобритания	108	82	72	262
4	Нидерланды	105	97	91	293
5	Австралия	85	92	73	250
6	Италия	84	91	103	278
7	СССР / Россия	82	73	63	218
8	Бельгия	51	56	51	158

Таблица 3. Перечень стран лидирующих в количестве крытых велотреков

№	Страна	Количество зданий
1	Австралия	7
2	Великобритания, Китай	6
3	Германия, Франция,	5
4	Испания, Япония, Канада	4
5	Россия, Нидерланды, Мексика, Бельгия	3
6	Южная Корея, Новая Зеландия, Дания	2

Таким образом, можно предположить, что спортивные успехи стран, занимающие высокие позиции по всем трем параметрам, обеспечены за счет интеграции велоспортивной инфраструктуры в структуру города и в жизнь горожан. Если сравнивать результаты лидирующих стран по количеству медалей с Россией, то можно отметить, что Франция, Великобритания, Германия и Нидерланды значительно проигрывают России по площади и количеству населения, но именно компактность и малые расстояния между населенными пунктами становятся одними из главных факторов популярности велосипеда как транспортного средства.

Однако среди лидеров по медальному зачету большой по площади страной помимо России является Австралия. По результатам исследования можно сделать вывод, что в этой стране развитая инфраструктура для велоспорта. Активно развивающиеся спортивная и транспортная инфраструктура объединяет интересы спортсменов и велолюбителей. Примечателен тот факт, что в Австра-

лии, как и в России, города располагаются на большом расстоянии друг от друга в отличие от европейских, что делает сравнение этих двух больших стран актуальным. В 2020 году в разгар коронавирусной эпидемии велосипед стал набирать еще большую популярность в отличие от общественного транспорта, где соблюдение социальной дистанции сложнее. Из-за популярности нового транспортного средства увеличился запрос на велоинфраструктуру: строительство велосипедных магистралей для пригородов, создание новых связей между существующими велосетями, приоритет велосипедов над автомобилем и так далее. Развитие велосипедной инфраструктуры в Австралии происходит за счет взаимодействия транспортной, спортивной и экономической области, каждая из которых получает впоследствии взаимовыгоду [5].

Совокупность развития спортивной и транспортной областей

«Россия теряет триллион рублей в год из-за неразвитого велопотенциала» – так описывает сложившуюся ситуацию в стране кандидат технических наук Сергей Вячеславович Шелмаков. В своей статье доцент МАДИ рассматривает ситуацию, где активное развитие велоинфраструктуры в России может способствовать экономическому росту на примере европейских стран. Ученый отмечает важность комплексного подхода всех профильных высококлассных специалистов в разработке велосипедной инфраструктуры, а также выделение отдельного государственного бюджета на нее [4].

Так как велосипедная инфраструктура объединяет в себе транспортную и спортивную, для определения вектора развития этой области в Ижевске в исследовании рассматривается Закон Удмуртской Республики «О Стратегии социально-экономического развития Удмуртской Республики на период до 2025 года» от 09 октября 2009 года N 40-РЗ. Согласно ему основные направления развития транспортной инфраструктуры:

- модернизация транспортной инфраструктуры;
- формирование концепции развития пригородных территорий города в целях улучшения качества жилой среды, снижения инфраструктурных ограничений (транспортная доступность «центр – периферия») и уменьшения негативного экологического воздействия на окружающие территории;
- развитие транспорта и логистики (строительство логистических парков, обустройство территорий вдоль крупных магистралей и около населенных пунктов в целях жилищного строительства, рекреации и торговли).

Спортивное направление в развитии городской инфраструктуры представлено в следующих тезисах:

- расширение инфраструктуры спортивных объектов для населения через увеличение нагрузки и эффективности использования существующих спортивных объектов и строительство новых;
- в рамках направления по улучшению качества социальной среды следует развивать систему детского и студенческого спорта, создавать условия для развития детско-юношеского спорта, развивать систему подготовки спортивного резерва для сборных команд Удмуртской Республики и Российской Федерации, создавать условия для развития физической культуры и спорта инвалидов и лиц

с ограниченными возможностями, обеспечивать доступность спортивных объектов для населения Удмуртской Республики, реализовывать меры по организации строительства и реконструкции объектов физической культуры и спорта;

- в рамках содействия развитию торговли и развлекательных услуг, физической культуры и спорта необходимо предусмотреть размещение общедоступных объектов культуры и спорта в соответствии с существующим спросом в различных районах Ижевска.

Таким образом, в законе о стратегии социально-экономического развития до 2025 г. не фигурирует направление в развитии велоинфраструктуры, а также транспортное и спортивное развитие никак не пересекаются.

Заключение

В России, как и в Австралии, спрос на велотранспорт вырос во время пандемии коронавируса, соответственно, вырос и запрос на инфраструктуру [2]. Однако в отличие от России Австралии за счет целенаправленного и комплексного планирования, объединяя транспортную, спортивную и экономическую сферу, удалось добиться успехов в велоспорте и в развитии городской велосипедной инфраструктуры. Эта страна своим примером показывает, что активное строительство объектов велоспорта не только формирует среду для достижения спортивных побед мирового уровня, но и развивает городскую транспортную велосипедную сеть, которая стимулирует экономический рост городов и улучшает качество жизни горожан. Только комплексное планирование и включение в этапы проектирования всех смежных факторов приводят к росту велосипедной инфраструктуры: развитие спортивной инфраструктуры, расширение транспортной сети, высокий запрос от горожан, активное бюджетирование и инвестирование.

Результаты исследования показывают, что будет, если начать активно развивать спортивные объекты. Такой подход от частного к общему, а именно развитие велосипедной инфраструктуры через строительство спортивных объектов, является правильным и может рассматриваться при развитии велоинфраструктуры в целом вследствие его положительных статистических факторов.

Список использованных источников и литературы

1. *Азизова-Полуэктова, А. Н.* Велоинфраструктура в городской среде / А. Н. Азизова-Полуэктова, В. О. Слободенюк // Архитектурные исследования. – 2019. – № 4(20). – С. 78–86.

2. *Новослов, А.* Нужна ли россиянам велоинфраструктура / А. Новослов, А. Гуштин // Городские проекты Ильи Варламова и Максима Каца: фонд: [сайт]. – Саранск. – URL: https://city4people.ru/uploads/files/2021/06/06/velo_cases_1623005554.pdf (дата обращения: 14.04.2022). – Текст : электронный.

3. OpenStreetMap: сервис по созданию и распространению свободных географических баз данных: [сайт]. – Бирмингем. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://www.openstreetmap.org> (дата обращения: 14.04.2022). – Текст : электронный.

4. *Левинская, А. И.* Упущенный велопотенциал России / А. И. Левинская, С. В. Шелмаков // European Journal of Natural History. – 2021. – № 4. – С. 32–38.

5. The Australian Cycling Economy Report: Estimating the size and scope of the Australian Cycling Economy in 2020 / We Ride Australia ('WeRide'). – Mawson, 2021. – 19 p.

Makarov Anton Dmitrievich, bachelor student

Sedova Anastasiia Valeryevna, PhD, Assistant Professor

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

The development of cycling and the construction of sports facilities as an incentive for the development of the cycling infrastructure of the city

New trends of reasonable consumption, healthy lifestyle, and reduction of carbon dioxide emissions in the urban environment popularize the bicycle as a new type of vehicle. In comparison with European countries in Russia, the bicycle has not yet achieved much attention from the citizens. However, in Russia, according to social surveys, there is a request for the development of bicycle infrastructure. This study examines how the growth of cycling infrastructure may depend on the development of cycling in the country. The article presents both a comparison of various cities according to the index of the provision of bicycle paths for the population, and the identification of leading countries in the statistics of sports victories, the number of indoor bike tracks and the world championships held. The city of Izhevsk acts as an object for comparison in the study. Based on open data on the cycling infrastructure of the city and the document on the development strategy of the Udmurt Republic, the article discusses the identified criteria and how they can affect the development of cycling infrastructure in Russia.

Keywords: bicycle infrastructure, bicycle, bike track, sports, transport, bicycle network, bike paths.

Р. Р. Мансуров, магистрант
С. А. Королев, д-р техн. наук, проф. кафедры «ПМиИТ»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка методики баллистического расчета и оптимизации параметров активно-реактивного снаряда*

В работе рассмотрена задача повышения дальности стрельбы активно-реактивного снаряда (АРС) за счет оптимизации как внутренних, так и внешнебаллистических параметров. Разработана комплексная математическая модель баллистического расчета АРС, включающая этапы внутренней баллистики при движении снаряда в стволе орудия, внешней баллистики на активном и пассивном участке траектории и внутренней баллистики твердотопливного реактивного двигателя. Кроме начальных условий стрельбы параметрами оптимизации АРС являются масса топливного заряда реактивного двигателя и время его старта на траектории. Используя метод Рунге – Кутты 4-го порядка, для численного решения системы уравнений внутренней и внешней баллистики и с помощью метода многомерной оптимизации Хука-Дживса найдены оптимальный угол наклона орудия и время старта реактивного двигателя.

Ключевые слова: внутренняя баллистика, внешняя баллистика, многомерная оптимизация, активно-реактивный снаряд, реактивный двигатель.

Введение

Процесс выстрела из артиллерийского орудия активно-реактивным снарядом (АРС) включает несколько этапов, на каждом из которых необходимо моделировать различные физические процессы внутренней и внешней баллистики. Первый этап – внутренняя баллистика и движение снаряда в стволе орудия. Второй этап – внешняя баллистика снаряда на активном и пассивном участке траектории. Третий этап – внутренняя баллистика реактивного двигателя. Для расчета параметров движения АРС на всех этапах выстрела была разработана комплексная математическая модель. Такой подход позволяет провести комплексную оптимизацию внутренне и внешнебаллистических параметров АРС с целью повышения дальности его стрельбы.

Математическая модель внутренней баллистики в стволе орудия

Параметры внутрибаллистического процесса в стволе орудия рассчитываются на основе термодинамического подхода в нульмерной постановке [1]. Схема задачи внутренней баллистики представлена на рис. 1.

© Мансуров Р. Р., Королев С. А., 2022

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-01-00072.

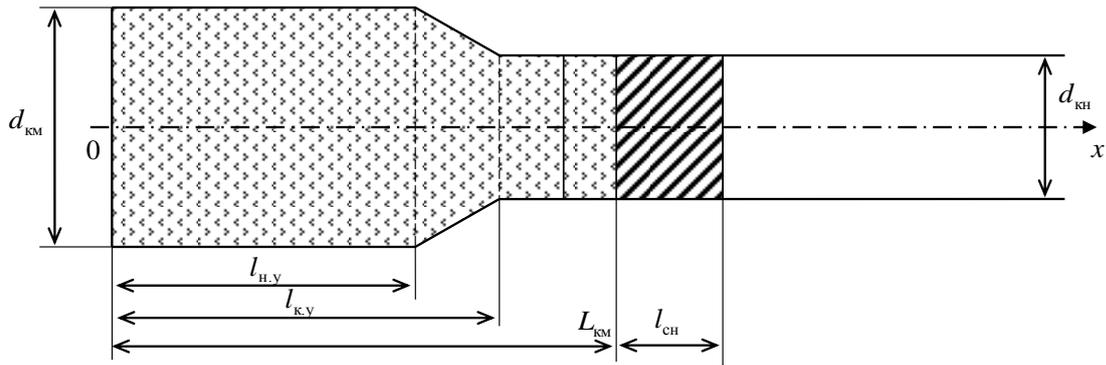


Рис. 1. Схема задачи внутренней баллистики ствола

Математическая модель внутренней баллистики в стволе орудия включает следующие уравнения:

– уравнения горения:

а) до фазы распада пороховых элементов $z \leq 1$ или $\psi \leq \psi_p = k(1 + \lambda + \mu)$

$$\frac{dz}{dt} = \frac{u_k}{e_1}, \frac{d\psi}{dt} = \frac{k}{e_1} \sigma(z) u_k, \sigma(z) = 1 + 2\lambda z + 3\mu z^2; \quad (1a)$$

б) после распада пороховых элементов $\psi > \psi_p = k(1 + \lambda + \mu)$

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{S_0}{\Lambda_0} \sigma(\psi) u_k, \sigma(\psi) = \sigma(\psi_p) \sqrt{\frac{1-\psi}{1-\psi_p}}, \psi_p \leq \psi \leq 1, \sigma(\psi_p) = 1 + 2\lambda + 3\mu; \quad (1б)$$

– уравнения движения снаряда

$$m_0 \frac{dv_{\text{чн}}}{dt} = p_{\text{чн}} S_{\text{чн}} \eta (p_{\text{чн}} - p_{\text{ф}}), \frac{dx_{\text{чн}}}{dt} = v_{\text{чн}}; \quad (2)$$

– уравнение энергии

$$p \left[W_{\text{чн}} - \frac{\omega}{\delta} (1 - \psi) - \alpha (\omega \psi + \omega_B) \right] = (\omega \psi + \omega_B) f - \left(1 + \frac{(\omega + \omega_B)}{m_0} J_1 \right) \theta m_0 \frac{v_{\text{чн}}^2}{2}; \quad (3)$$

– уравнение состояния

$$p \left[W_{\text{чн}} - \alpha (\omega \psi + \omega_B) - \frac{\omega}{\delta} (1 - \psi) \right] = (\omega \psi + \omega_B) RT; \quad (4)$$

– дополнительные соотношения

$$p_{\text{чн}}(t) = \frac{p(t) + (\omega + \omega_B) \frac{v_{\text{чн}}^2}{W_{\text{чн}}} \left(\frac{1}{2} J_1 + J_2(x_{\text{чн}}) - J_3 - \frac{1}{2} \right)}{1 + \frac{(\omega + \omega_B)}{m_0} (J_2(x_{\text{чн}}) - J_3)},$$

$$p_{\text{кн}}(t) = p_{\text{чн}}(t) \left(1 + \frac{(\omega + \omega_B)}{m_0} J_2(x_{\text{чн}}) \right) + (\omega + \omega_B) \frac{v_{\text{чн}}^2}{W_{\text{чн}}} \left(\frac{1}{2} - J_2(x_{\text{чн}}) \right), \quad (5)$$

$$W_{\text{чн}} = W_{\text{км}} + S_{\text{чн}} (x_{\text{чн}} - L_{\text{км}}).$$

В уравнениях (1)–(5) введены следующие обозначения: z – относительная толщина горящего свода; ψ – относительная доля сгоревшего пороха; $v_{сн}$ – дульная скорость снаряда; m_0 – масса снаряда; $\rho_{сн}$ – давление на снаряд; $S_{сн}$ – площадь мишеля снаряда; $\rho_{кн}$ – давление на дно канала; p – давление газа в стволе; ω – масса пороха; ω_b – масса воспламенителя; δ – плотность материала пороха; R – удельная газовая постоянная продуктов горения пороха; T – температура продуктов горения пороха; J_1, J_2, J_3 – баллистические коэффициенты.

Математическая модель внешней баллистики

Траектория движения снаряда строится в стартовой системе координат $Ox_c y_c z_c$, связанной с точкой расположения орудия и ориентированной по направлению стрельбы. Характеристики движения снаряда определяются в траекторной системе координат $Ox_k y_k z_k$, связанной с центром масс снаряда и ориентированной по вектору скорости (рис. 2).

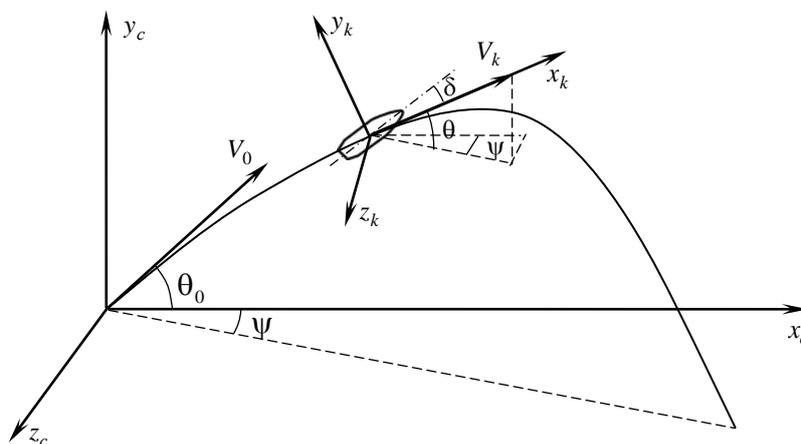


Рис. 2. Стартовая ($Ox_c y_c z_c$) и траекторная ($Ox_k y_k z_k$) системы координат

Система дифференциальных уравнений движения для случая активно-реактивного снаряда включает следующие уравнения [2]:

– уравнения движения центра масс снаряда

$$\frac{dx_c}{dt} = V_k \cos \theta \cos \psi, \quad \frac{dy_c}{dt} = V_k \sin \theta, \quad \frac{dz_c}{dt} = -V_k \cos \theta \sin \psi; \quad (6)$$

– уравнение скорости снаряда

$$\frac{dV_k}{dt} = -g \sin \theta + \frac{P - C_{x_k} q S_M}{m}; \quad (7)$$

– уравнение угла наклона траектории

$$\frac{d\theta}{dt} = -\frac{g \cos \theta}{V_k} - \frac{C_{y_k} q S_M}{m V_k}; \quad (8)$$

– уравнение угла направления

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{f_{z_k} - C_{z_k} q S_M}{m V_k \cos \theta}; \quad (9)$$

– уравнение угловой скорости вращения снаряда

$$\frac{d\omega_x}{dt} = -\frac{m_x q S_M l}{I_x}; \quad (10)$$

– уравнение изменения массы снаряда

$$\frac{dm}{dt} = -\mu. \quad (11)$$

Здесь x_c, y_c, z_c – координаты центра масс снаряда: дальность, высота боковое отклонение; V_k – скорость снаряда; θ – угол наклона траектории; ψ – угол направления; ω_x – аксиальная угловая скорость вращения снаряда; m – масса снаряда; l – длина; I_x – аксиальный момент инерции; $S_M = \pi d^2 / 4$ – площадь ми-делева сечения; d – калибр; P – тяга реактивного двигателя; f_{z_k} – коэффициент деривации вращающегося снаряда.

Аэродинамические силы и моменты задаются через безразмерные коэффициенты сопротивления $C_{x_k}, C_{y_k}, C_{z_k}$ и коэффициент аксиального момента m_x . Сила тяжести определяется ускорением свободного падения g .

Аэродинамические коэффициенты снаряда определяются на основе численного моделирования внешнего обтекания снаряда [3] или по законам сопротивления воздуха 1943 или 1958 годов [4]. На активном участке траектории во время работы реактивного двигателя коэффициент сопротивления снаряда C_{x_k} снижается на 10–15 % за счет снижения донного сопротивления.

Математическая модель внутренней баллистики реактивного двигателя

Для определения силы тяги на активном участке траектории решалась задача внутренней баллистики твердотопливного реактивного двигателя (РД) [5]. Схема активно-реактивного снаряда представлена на рис. 3.

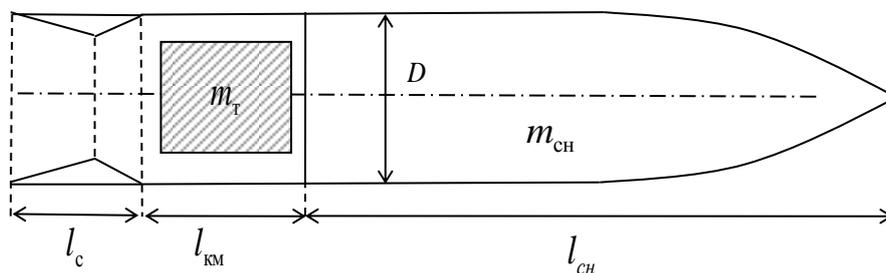


Рис. 3. Схема активно-реактивного снаряда

Математическая модель внутренней баллистики РД включает следующие уравнения и соотношения:

– уравнение скорости горения

$$u = u_1 p_k^v; \quad (12)$$

– уравнение давления в камере сгорания (формула Бори)

$$p_k = \left(\frac{\rho_T u_1 S_T \sqrt{\chi RT_k}}{\phi_c S_{кр} A_1} \right)^{\frac{1}{1-\nu}}; \quad (13)$$

– расход продуктов горения через сопло

$$G_c = G_{кр} = \frac{S_{кр} p_k A_1}{\sqrt{\chi RT_k}}; \quad (14)$$

– сила тяги реактивного двигателя

$$P = G_c u_B + S_B (p_B - p_H); \quad (15)$$

– суммарный импульс тяги двигателя

$$I_T = \int_0^{\Delta t_T} P dt. \quad (16)$$

Параметры в выходном сечении сопла определяются с помощью газодинамических функций:

$$p_B = p_k \pi(\lambda) = p_k \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda^2 \right)^{\frac{k}{k-1}}, u_B = a_{кр} \lambda, a_{кр} = \sqrt{\frac{2k}{k+1} RT_k}. \quad (17)$$

Приведенная скорость λ определяется из решения нелинейного уравнения:

$$\lambda \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda^2 \right)^{\frac{1}{k-1}} \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{1}{k-1}} = \frac{S_{кр}}{S_B}. \quad (18)$$

Здесь p_k, T_k – давление и температура в камере сгорания; S_T – площадь горения топлива; Δt_T – время горения (при торцевом горении $S_T = \pi d_T^2 / 4$, $\Delta t_T = l_T / u$, где d_T, l_T – диаметр и длина топливного заряда); ρ_T – плотность вещества топливного заряда; $S_{кр}$ – площадь критического сечения сопла; S_B – площадь выходного сечения; A_1 – коэффициент расхода; χ, ϕ_c – коэффициенты тепловых и механических потерь соответственно.

Система обыкновенных дифференциальных уравнений внутренней и внешней баллистики решалась численно методом Рунге-Кутты четвертого порядка. Шаг интегрирования выбирался исходя из заданной точности расчетов по правилу Рунге [6].

Постановка задачи оптимизации параметров активно-реактивного снаряда

Для выбора оптимальных баллистических параметров АРС решалась задача максимизации дальности стрельбы [2]:

$$D = F(m_0, V_0, \theta_0, t_1, I_T, \Delta t_T, i_x) \rightarrow \max, \quad (19)$$

где m_0 – начальная масса активно-реактивного снаряда; V_0 – начальная скорость; θ_0 – угол стрельбы; t_1 – время старта РД; I_T – суммарный импульс тяги РД; Δt_T – время работы РД; i_x – коэффициент формы, определяющий измене-

ние лобового сопротивления в зависимости от аэродинамической формы снаряда.

Общая начальная масса снаряда определяется как сумма:

$$m_0 = m_{\text{сн}} + m_{\text{кам}} + m_{\text{сб}} + m_{\text{т}}, \quad (20)$$

где $m_{\text{сн}}$ – масса пассивной части снаряда; $m_{\text{кам}}$ – масса камеры РД; $m_{\text{сб}}$ – масса соплового блока; $m_{\text{т}}$ – масса ракетного топлива, $m_{\text{т}} = \rho_{\text{т}} \frac{\pi d_{\text{к}}^2}{4} l_{\text{к}}$.

В качестве оптимизируемых параметров будем рассматривать угол стрельбы θ_0 , массу топлива $m_{\text{т}}$, время старта РД t_1 . Начальная скорость снаряда при вылете из ствола орудия V_0 определяется из решения задачи внутренней баллистики и зависит от начальной суммарной массы снаряда m_0 . Остальные параметры, такие как импульс и время работы РД, коэффициент формы снаряда, являются постоянными и зависят от типа снаряда и реактивного двигателя.

Для решения задачи многомерной оптимизации применялся метод Хука – Дживса, так как он относится к прямым методам – не требует производной и обладает высокой скоростью сходимости [7].

Результаты расчета и оптимизации параметров активно-реактивного снаряда

Задачей внутренней баллистики в стволе орудия является поиск зависимости начальной скорости снаряда от общей массы снаряда и аппроксимация результатов расчета некоторой функцией (рис. 4).

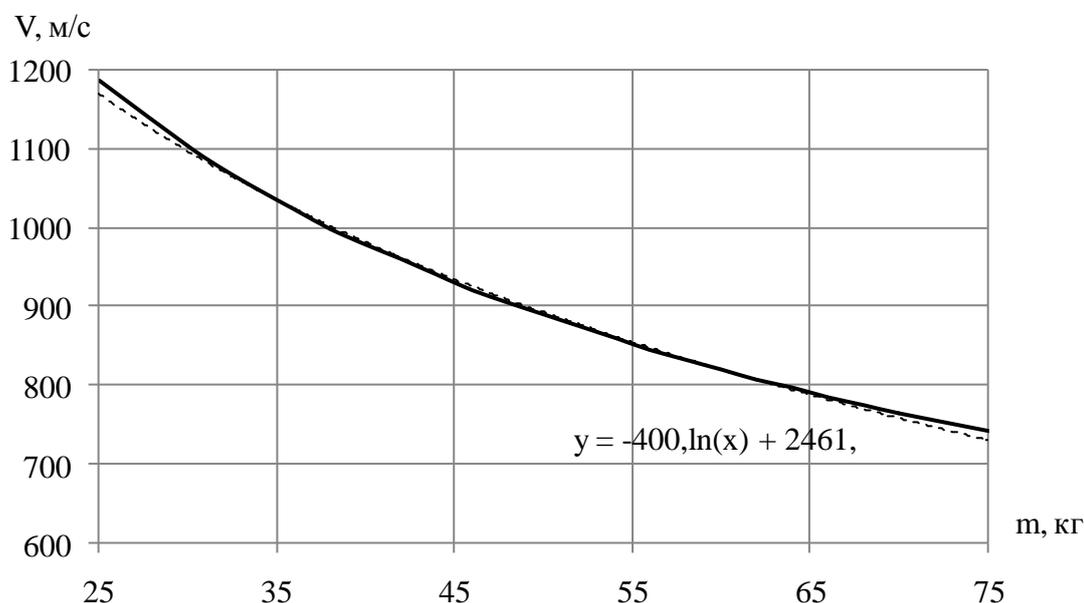


Рис. 4. Зависимость начальной скорости от массы снаряда

В результате вычислений была найдена аппроксимирующая функция $y = -400 \cdot \ln(x) + 2461$.

Задачей внутренней баллистики РДТТ является определение параметров реактивного импульса [8] (силы тяги и времени работы РД) в зависимости от мас-

сы топлива для заданной конструкции двигательной установки. На рис. 5 представлена зависимость дальности полета АРС от массы ракетного топлива.

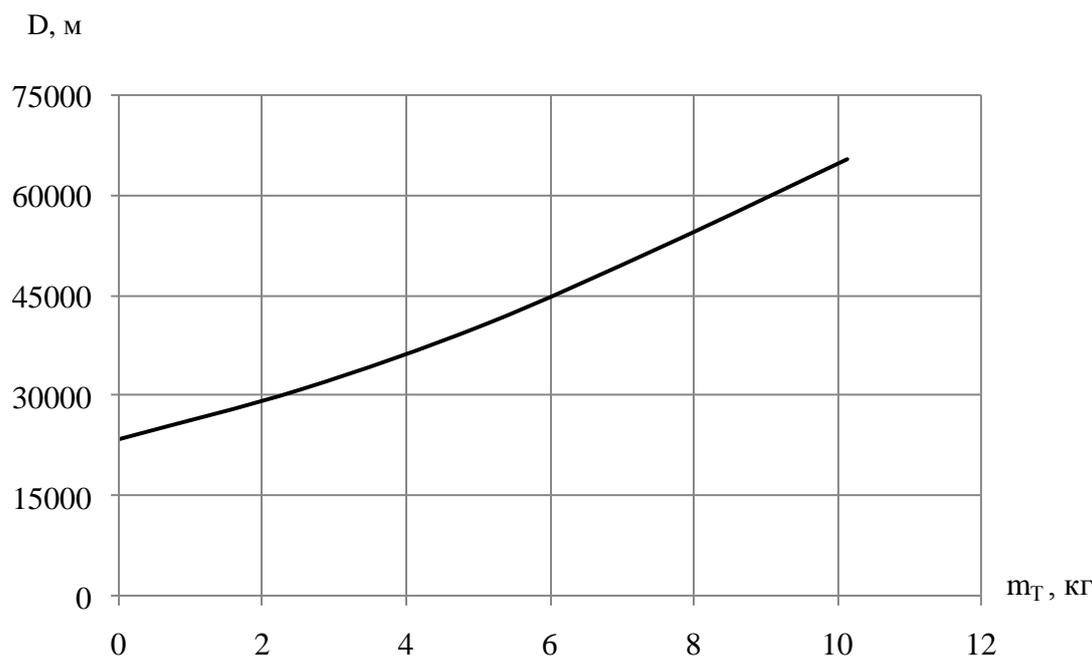


Рис. 5. Зависимость дальности от массы топлива

Целью прямой задачи внешней баллистики является максимально возможное увеличение дальности стрельбы. С помощью метода Хука – Дживса был найден оптимальный угол стрельбы и время старта двигателя для АРС с параметрами, представленными в табл. 1.

Таблица 1. Параметры активно-реактивного снаряда

d , мм	m_0 , кг	m_p , кг	I_p , кН·с	Δt_p , с
152	42,70	5,07	11,84	1,24

На рис. 6 показаны траектории для различных условий стрельбы. В табл. 2 представлены дальности стрельбы для различных углов стрельбы и времени старта РД.

Таблица 2. Результаты стрельбы с различными начальными параметрами

Угол стрельбы θ_0 , град	Время старта РД t_1 , с	Дальность X , м
60	0	36753
58	12	41328
45	15	36541
45	20	36071

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что при оптимальных параметрах (угол стрельбы $\theta_0 = 58^\circ$, время старта РД $t_1 = 12$ с) дальность полета снаряда является максимальной $X = 41328$ м.

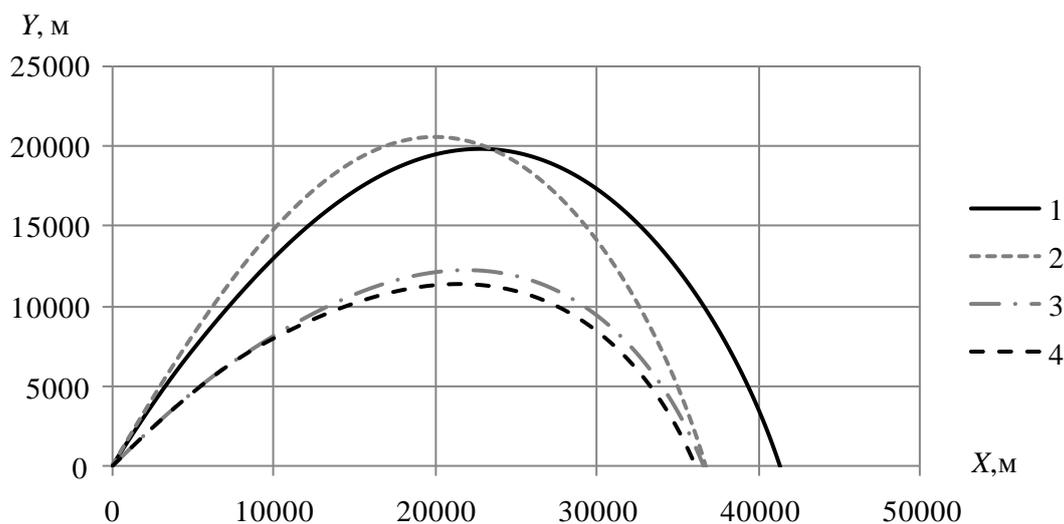


Рис. 6. Траектории полета снаряда при различных параметрах:
 1 – $\theta_0 = 58^\circ$, $t_1 = 12$ с; 2 – $\theta_0 = 60^\circ$, $t_1 = 0$ с; 3 – $\theta_0 = 45^\circ$, $t_1 = 15$ с; 4 – $\theta_0 = 45^\circ$, $t_1 = 20$ с

Заключение

Разработанная комплексная математическая модель баллистического расчета и оптимизации параметров активно-реактивного снаряда позволяет исследовать эффективность различных способов повышения дальности стрельбы с учетом взаимосвязи процессов внутренней и внешней баллистики.

С помощью математических моделей внутренней баллистики в стволе орудия и реактивного двигателя получены зависимости начальной скорости снаряда и ускорения на траектории в зависимости от массы ракетного топлива. Комплексная оптимизация внешнебаллистических параметров позволила найти оптимальные параметры, при которых достигается максимальная дальность стрельбы.

Список использованных источников и литературы

1. Русяк, И. Г. Физические основы и газовая динамика горения порохов в артиллерийских системах / И. Г. Русяк, А. М. Липанов, В. М. Ушаков. – Москва ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2016. – 456 с.
2. Королев, С. А. Исследование дальности стрельбы активно-реактивным снарядом / С. А. Королев, Р. Р. Мансуров // I Липановские научные чтения : материалы региональной научной конференции. – Ижевск, 2021. – С. 71–77.
3. Численное решение задачи обтекания для определения аэродинамических коэффициентов метаемых тел / А. М. Липанов, И. Г. Русяк, С. А. Королев, С. А. Карсканов // Инженерно-физический журнал. – 2019. – Т. 92, № 2. – С. 496–504.
4. Внешняя баллистика / А. А. Коновалов, Ю. В. Николаев. – Ижевск : Изд-во Института прикладной механики УрО РАН, 2003. – 191 с.
5. Баллистика ракетного и ствольного оружия: учебник для вузов / под ред. А. А. Королева, В. А. Комочкова; науч. конс. В. А. Шурыгин. – Волгоград, 2010. – 472 с.
6. Волков, Е. А. Численные методы : учеб. пособие для вузов. – Москва : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 248 с.

7. Аттетков, А. В. Методы оптимизации / А. В. Аттетков, С. В. Галкин, В. С. Зарубин ; под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. – 2-е изд. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. – 440 с.

8. Патент № 2583108 С1 Российская Федерация, МПК F42В 14/06. Способ стрельбы подкалиберным активно-реактивным снарядом и подкалиберный активно-реактивный снаряд : № 2014149810/11 : заявл. 10.12.2014 : опубл. 10.05.2016 / В. В. Кореньков, С. В. Сергиенко, С. И. Лежнин [и др.].

R. R. Mansurov, Master;

S. A. Korolev, Doctor of Technical Sciences

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Development of a technique for ballistic calculation and optimization of the parameters of an active-rocket projectile

The paper considers the problem of increasing the firing range of an active-rocket projectile (ARS) by optimizing both internal and external ballistic parameters. A complex mathematical model of the ballistic calculation of ARS has been developed, including the stages of internal ballistics when the projectile moves in the gun barrel, external ballistics in the active and passive sections of the trajectory, and internal ballistics of a solid propellant jet engine. In addition to the initial firing conditions, the optimization parameters of the ARS are the mass of the fuel charge of the jet engine and the time of its launch on the trajectory. Using the Runge-Kutta method, 4 orders, for the numerical solution of the system of equations of internal and external ballistics and using the Hooke-Jeeves multidimensional optimization method, the optimal angle of inclination of the gun and the start time of the jet engine are found.

Keywords: internal ballistics, external ballistics, multidimensional optimization, active rocket projectile, jet engine.

П. И. Мухаметгалеева, бакалавр, muhametgaleevap@gmail.com
А. А. Данилова, ст. преподаватель, aa_danilova@mail.ru
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Использование искусственного интеллекта как компаньона

Наиболее частыми жертвами мошенников становятся несовершеннолетние и пожилые люди. По статистике ВЦИОМ за 2020 год мошенники в общей сложности похитили около 150 млрд рублей. В связи с этим, возникает необходимость разработки средств для защиты дома.

В работе представлена система, которая представляет собой модель системы умного дома с использованием возможностей искусственного интеллекта (ИИ) и доступных технологий современности.

В статье предложена система, принцип работы которой заключается в получении информации извне, представляющая собой модель контроля функций умного дома с использованием возможностей ИИ. С помощью приборов система отслеживает состояние дома и самочувствие его жильцов, в дальнейшем принятие решений зависит от критической ситуации и методик, заложенных в нее. Использование системы будет возможным за счет управления через голосовые команды, что позволит полностью сосредоточиться на комфортном и безопасном времяпрепровождении в доме.

Функционирование системы осуществляется при помощи «Сквозные технологии», они подразделяются на собирающие, передающие и, хранящие и анализирующие или принимающие решения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, система «умный дом», биометрия.

Люди в возрасте наиболее часто подвергаются внушению и становятся жертвами схем мошенников. По статистике ВЦИОМ, за 2020 год мошенники в общей сложности похитили около 150 млрд руб.

Специалисты предупреждают, вымогатели становятся все более изощренными и изобретательными в своих схемах обворовывания граждан [1].

Для обеспечения безопасности жилища существует система «умный дом», но в ней есть ряд недостатков, одним из них является непроработанность физическо-экономической безопасности жильцов [2].

Одно из решений внедрения технологии умного дома раскрыто в работе У Кэ и ЛЮ Синьюй [3], однако недостатком данного решения является то, что всеми элементами системы все равно управляет человек и управление производится при помощи технических (физических) средств. Предлагаемая технология внедрения ИИ расширяет возможности в качественном и простом управлении взаимодействием всех элементов системы, при этом не требуя от человека ка-

ких-либо действий, достаточно лишь голосовых команд, которые и будут приводить в действие ИИ. Одним из главных достоинств системы является то, что искусственный интеллект замещает физические действия человека.

Функционирование системы осуществляется при помощи «Сквозных технологий», которые подразделяются на собирающие, передающие и хранящие и анализирующие или принимающие решения.

Собирающие: интернет вещей (IoT) объединяет устройства в компьютерную сеть и позволяет им собирать, анализировать, обрабатывать и передавать данные другим объектам через программное обеспечение, приложения или технические устройства. IoT-устройства функционируют самостоятельно, хотя люди могут настраивать их или предоставлять доступ к данным. IoT-системы работают в режиме реального времени и обычно состоят из сети умных устройств и облачной платформы, к которой они подключены с помощью WiFi, Bluetooth или других видов связи.

Передающие и хранящие: блокчейн – это рассредоточенная база данных, основанная на одноранговой (p2p) блокчейн-сети, общем реестре и криптографии публичного и приватного ключа. Облако – это место в интернете, где пользователям предоставляются вычислительные ресурсы виртуальных компьютеров. Потенциал у блокчейн больше – совокупное дисковое пространство на компьютерах пользователей сейчас намного превышает совокупное дисковое пространство, которое можно взять из облаков.

Анализирующие или принимающие решения: искусственный интеллект – область машинного обучения, нейросеть – один из инструментов. В данном случае нам необходимо выбрать искусственный интеллект. Причина выбора именно искусственного интеллекта в том, что нейросети находятся уже внутри него, таким образом мы оставляем место для дальнейшего развития системы, на рис. 1 представлены составляющие ИИ.

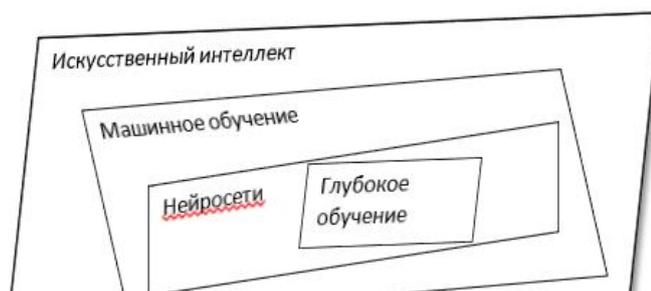


Рис. 1. Составляющие искусственного интеллекта

Одним из способов решения существующей проблемы является использование совокупности имеющихся систем под контролем ИИ для контроля системы умного дома.

В статье предложена система, принцип работы которой заключается в получении информации извне, представляющая собой модель контроля функций умного дома с использованием возможностей ИИ. С помощью приборов, система отслеживает состояние дома и самочувствие его жильцов, в дальнейшем

принятие решений зависит от критической ситуации и методик, заложенных в нее. Использование системы будет возможным за счет управления через голосовые команды.

Спектр использования данной системы под непосредственным управлением искусственного интеллекта в данной отрасли довольно широк, начиная от жилых домов и до торговых центров.

Применение системы для частного имущества снизит риск быть обманутым мошенниками и упростит управление системой «умный дом». ИИ будет выполнять и замещать услуги домоуправляющей, сможет создать иллюзию того, что вы не одни дома, что будет актуально для одиноких людей или если вам надо оставить ребёнка или домашнее животное на достаточно длительный срок.

При применении данной системы в торговых центрах снизит количество террористических актов, возникновение пожаров и др. Для торговых центров применение ИИ будет несколько другим, его задачи будут состоять из следующего: отслеживание людей с подозрительным поведением или странными, подозрительными сумками. При возникновении пожара поможет людям сориентироваться и автоматически откроет пожарные выходы. В совокупности с системой видеокamer позволит мгновенно реагировать на опасность и либо сокращать потери, либо полностью ее устранять. Были случаи, когда в торговом центре терялся ребенок либо его похищали, а с помощью введения ориентиров для поиска в базу данных по камерам видеонаблюдения данной системы можно будет найти его гораздо быстрее. Что будет безопаснее для ребенка.

Для обеспечения данных возможностей рассмотрим систему подробнее.

Условно систему «умный дом» с использованием ИИ как компаньона можно разделить на подсистему безопасности, подсистему климат-контроля, подсистему электропитания, подсистему домашнего развлечения, подсистему управления освещением и непосредственно на систему «Компаньон».

Схема функционала системы представлена на рис. 2.

Функционал системы

Контроль климата

В данную группу входит приточная вентиляция, теплые полы, системы кондиционирования, водяное или электрическое отопление, системы открывания окон. Для фиксации состояния климата в квартире (доме) на текущий момент применяются датчики, средством управления климатом будут голосовые команды ИИ.

Домашние развлечения

Домашний кинотеатр. Данная группа состоит из нескольких источников изображения и звука, комплекта систем акустики (сабвуферы и колонки), AV-ресивер, телевизор.

Мультирум. Данная группа реализует управление системой с поддержкой голосовых указаний ИИ.

Регулирования освещения

Осуществляется при помощи разнообразных датчиков (наружных и внутренних). Система позволяет управлять яркостью освещения, освещением по времени суток и таймеру, ИИ может создавать впечатления пребывания хозяев дома.

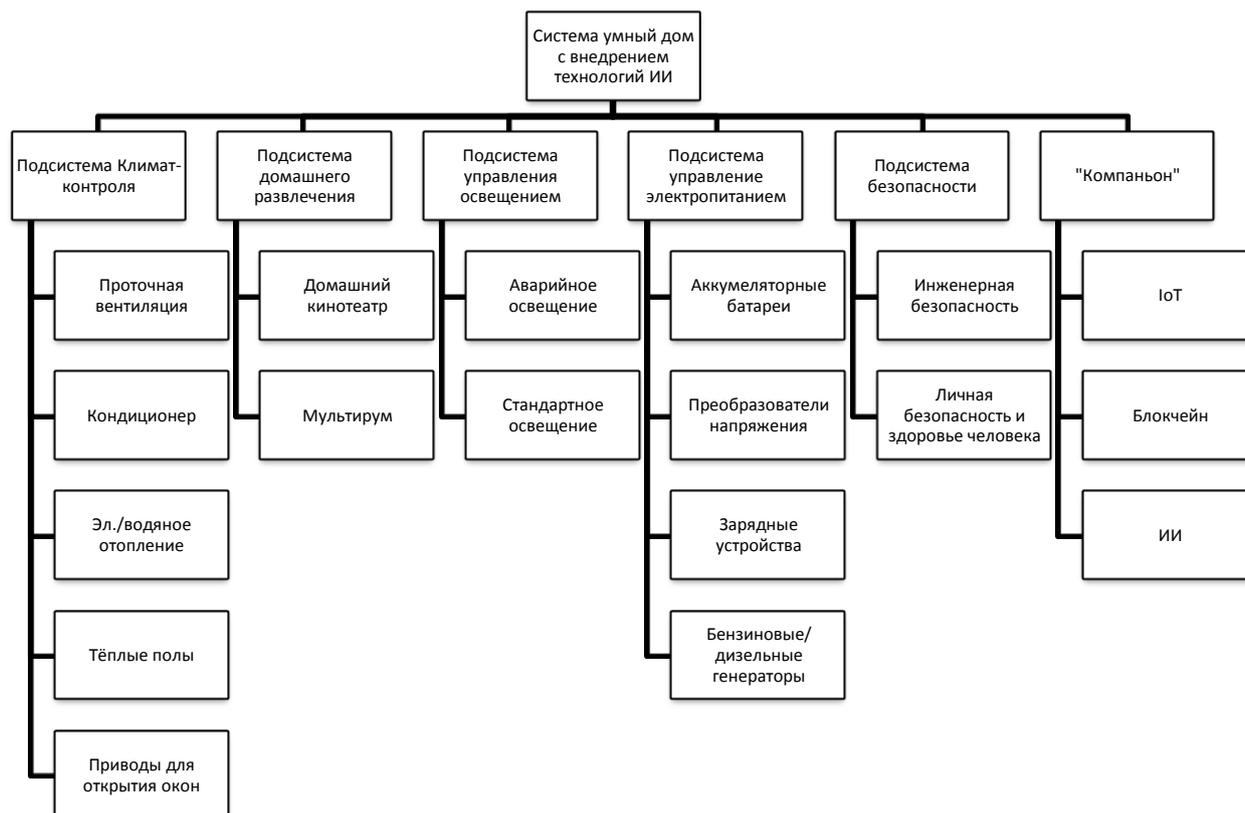


Рис. 2. Функционал системы

Управление электропитанием

ИИ управляет системой непрерывного электропитания и электроснабжения.

Система безопасности

Системы безопасности включают охранно-пожарную сигнализацию, видеонаблюдение внутри дома, видеодомофон, охрану периметра. Настоящее состояние подконтрольных зон контролируют проводные и беспроводные датчики (датчики дверей, окон, задымленности, движения).

Инженерная безопасность. Защита от замыкания, протечек, возгорания и т. д.

Личная безопасность. ИИ контролирует целостность периметра (окна и двери), освещение территории при проникновении, управление защитными жалюзи, видеонаблюдение. [4]

«Компаньон»

IoT необходим для передачи данных между физическими объектами, оснащенными встроенными средствами и технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой.

Блокчейн – это децентрализованная база данных, которая одновременно хранится на множестве компьютеров, соединенных друг с другом в интернете.

ИИ – система, которая способна имитировать человеческое поведение для выполнения определенных задач и может постепенно обучаться, используя полученную информацию.

Пример схемы обмана: «газовая» служба заменяет кран (на старом использованном), пенсионерка оплачивает предоставление услуг и подписывает, не читая документы. Представлен на рис. 3 и 4.



Рис. 3. Схема процесса до внедрения ИИ

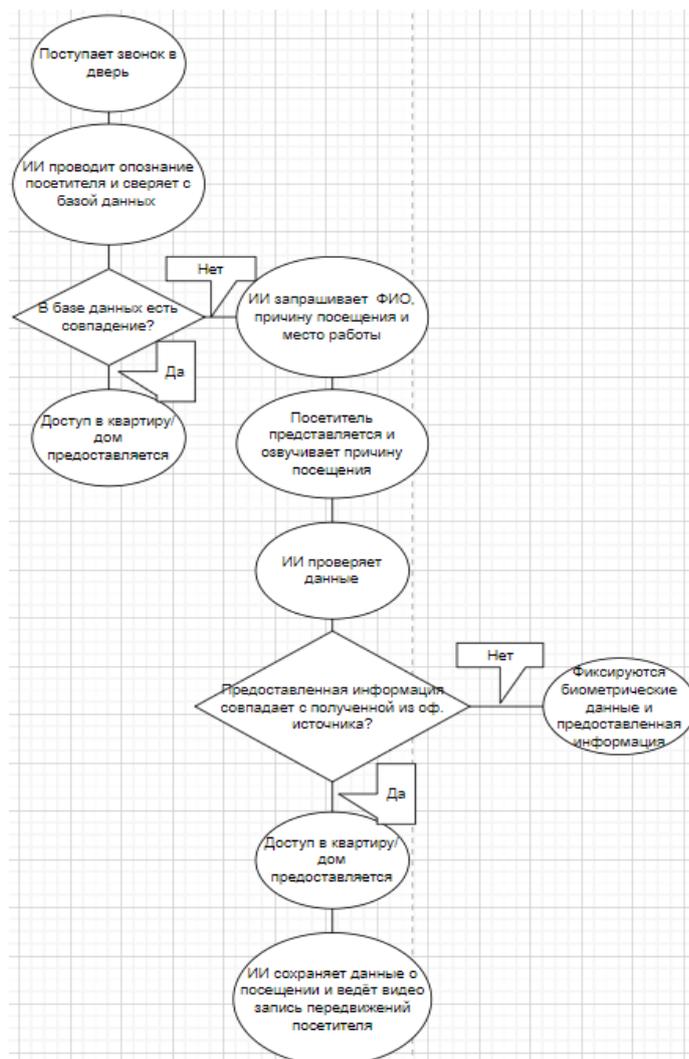


Рис. 4. Схема процесса после внедрения ИИ

Рассмотрим подробнее эти две ситуации.

Ситуация до: поступает звонок в дверь от неизвестного лица, возможно, лампочка в подъезде была вывернута и нам не удастся подробно рассмотреть посетителя. Пожилой человек, узнав, что за дверями находится «сотрудник газовой службы», пускает его в дом. Далее проводится осмотр газовой системы и по рекомендациям «специалиста» замена крана. Подписывается акт-приемка оказания услуги, передаются деньги на новый кран. Позднее, когда приходят родные и узнают, что приходила «газовая служба», проверятся качество выполненных работ и оказывается, что кран заменили на старый, а дубликат акта-приемки не был предоставлен. Таким образом, получается, что мошенникам удалось обмануть пожилого человека, а так как нет никаких доказательств, будет достаточно сложно найти их.

Ситуация после: в данном случае в алгоритм «до» будет включен ИИ и владелец может даже не вставая с дивана посмотреть, кто там пришел на ближайшем источнике изображения (телевизор, планшет и т. д.). Поступает звонок в дверь от неизвестного лица, возможно, лампочка в подъезде была вывернута и человеческому глазу не удастся подробно рассмотреть посетителя, но в таком случае ИИ

включает дополнительное освещение для лучшего обзора. ИИ проводит опознавание личности по имеющейся внутренней базе данных лиц, допускаемых в квартиру. Предполагается, что данного человека нет в этой базе, тогда ИИ запрашивает ФИО и причину посещения. Посетитель представляется и озвучивает причину посещения. ИИ информирует владельца и запускает посетителя в квартиру. Далее проводится осмотр газовой системы и по рекомендациям «специалиста» замена крана. Подписывается акт-приемка оказания услуги, передаются деньги на новый кран. Позднее, когда приходят родные и узнают, что приходила газовая служба, проверятся качество выполненных работ и оказывается, что кран заменили на старый, а дубликат акта-приемки не был предоставлен. Таким образом получается, что у нас остается фото- и видеофиксация момента мошенничества. Так как мы имеем эти данные, найти мошенников будет гораздо проще.

Для решения данной проблемы предлагается ввести в функционал возможность считывания биометрии. Данная функция сократит время на поиск мошенников.

Стоимость разработки модели ИИ составляет 15 000 000 рублей при продаже 116 квартир, в которых внедрена система «умный дом». Себестоимость внедрения в одну квартиру составляет 129 310,34 рублей. Стоимость обслуживания и поддержания системы составляет 1 000 000 рублей в год. Итого себестоимость внедрения ИИ для производителя составляет 215 517,24 рублей (при обслуживании ИИ в срок, равный 10 годам). Выручка для застройщика с одной квартиры составляет 323 275,86 рублей (при его продаже за 538 793,10 рублей), что при продаже всей партии составляет 37 500 000,00 рублей.

Повсеместное применение системы позволит повысить комфорт и безопасность пребывания в доме, что в свою очередь положительно отразится на внутренней атмосфере в помещении. Применение системы возможно не только в сегменте частного строительства, но и других сферах деятельности.

Список использованных источников и литературы

1. МВД России публикует данные о состоянии преступности по итогам 2021 года. – URL <http://mvdmedia.ru/news/official/mvd-rossii-publikuet-dannye-o-sostoyanii-prestupnosti-po-itogam-2021-goda> (дата обращения: 15.04.2022).
2. *Vodyanitskaya, L. A.* Применение системы «умный дом» в современном мире / *L. A. Vodyanitskaya, D. R. Ryabuchin* // Информационно-коммуникативная культура: наука и образование: сборник статей конференции, Ростов-на-Дону, 10–11 января 2019 года. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2019. – С. 266-268.
3. Патент № 2642334 С2 Российская Федерация, МПК G06F 3/00. Способ управления и управляющее устройство для устройства "умного дома" : № 2016113840 : заявл. 24.12.2015 : опубл. 24.01.2018 / У Кэ, ЛЮ Синьют.
4. *Артамонов, В. Е.* Системы безопасности технологии «умный дом» и современные системы безопасности / *В. Е. Артамонов* // Материалы 65-й студенческой научно-практической конференции инженерного факультета ФГБОУ ВО Самарский ГАУ : Сборник научных трудов, Кинель, 27 мая 2020 года. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2020. – С. 300–303.

P. I. Mukhametgaleeva, bachelor, muhametgaleevap@gmail.com

A. A. Danilova, senior lecturer, aa_danilova@mail.ru

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Using artificial intelligence as a companion

The most frequent victims of fraudsters are minors and the elderly. According to VTsIOM statistics for 2020, fraudsters stole a total of about 150 billion rubles. In this regard, there is a need to develop means to protect the home.

The paper presents a system that is a model of a smart home system using the capabilities of artificial intelligence and available technologies of today.

The paper proposes a system, the principle of which is to obtain information from the outside, which is a model of controlling the functions of a smart house using the capabilities of AI. With the help of devices, the system monitors the state of the house and the well-being of its occupants, and further decision-making depends on the critical situation and the techniques embedded in it. Using the system will be possible through control through voice commands, which will allow you to fully focus on a comfortable and safe spending time in the house.

The system functions with the help of "Crosscutting technologies", they are divided into collecting, transmitting/storing and analyzing/deciding.

Keywords: Artificial Intelligence, smart home system, biometrics

Р. Р. Насиров, магистрант, kvasspoley@yandex.ru
А. А. Чернова, канд. техн. наук, доц.
ИжГТУ имени М.Т. Калашникова

Методы автоматизации в медицине

В данной статье описываются группы возможных информационных систем, которые делятся по своим уровням охвата и направленности. Рассматриваются возможности современной медицины, использование в ней нейронных сетей и проблемы при их обучении, внедрении, автоматизация ручного труда с целью ускорения процессов уменьшения количества допущенных ошибок и доступности информации для повторного быстрого воспроизведения. Приводится примерный процесс прохождения медицинских осмотров и преимущества автоматизации. Автоматизирование позволяет обеспечить надлежащий контроль над качеством обслуживания организаций, выявляя при этом реальный уровень показателей эффективности здравоохранения в целом.

Ключевые слова: автоматизация, медицинские осмотры, медосмотры, нейросети.

Введение

Современный мир представляет собой бесконечный поток информации, становится все труднее ее обработать. Осознание и понимание происходящих процессов требует значительного времени, ввиду чего наблюдается постоянная востребованность в структурировании информации, дальнейшем ее анализе. Все эти аспекты наталкивают на обработку информации для представления ее в более дружелюбном (простом, понятном) виде. На данный момент трудно представить свою жизнь без автоматизированных систем, которые не только ускоряют процессы, но и упрощают деятельность человека. Стоит помнить о том, что при автоматизации повышается качество исполнения процесса, так как его характеристики становятся более стабильными, чем при так называемом ручном режиме исполнения. Автоматизация затрагивает все сферы жизнедеятельности человека, медицина не является исключением [1]. Данный вопрос поднимал О. Э. Карпов в статье [2]. Он рассматривал автоматизацию процессов всего медицинского учреждения на основе информационной платформы организации при применении современных икт-технологий с целью оптимизации бизнес-процессов и формирования модели, соответствующей ожиданиям клиентов [2]. Современные технологии позволяют провести раннюю диагностику болезней [3]. В настоящее время технологии достигли такого уровня развития, что позволит полностью изменить видение имеющейся системы здравоохранения [4]. Бурное развитие генетических алгоритмов, методов искусственного ин-

теллекта и систем Big data, согласно [5], обуславливают новый этап развития алгоритмов анализа больших объемов информации, что позволяет в том числе и скорректировать подходы к автоматизации процесса управления здоровьем. Из года в год предпринимаются попытки перехода в более дистанционный вариант, например, активное внедрение технологии телемедицины, но при этом остается актуальным и физическое присутствие людей в медицинских учреждениях. Например, ежегодное прохождение организациями медицинских осмотров или медосмотры при трудоустройстве в компании. Данная процедура предполагает поток информации как об организации, так и заключения врачей по каждому пациенту. При отсутствии автоматизированной системы процедура занимает большое количество времени из-за образования очередей, есть вероятность появления фиктивных или недостоверных данных о пациенте, его состоянии здоровья. Вся информация хранится на сервере организации – это дает возможность быстрой передачи ценных сведений о клиенте, о приемах врачей и их заключениях по больному. Таким образом, автоматизация системы позволяет ускорить обработку и дальнейшую передачу данных [6], что только положительно сказывается на всем рабочем процессе, лечении пациента и хорошей репутации врачей, клиники как итог.

Медицина и информационные технологии

Говоря про автоматизированные медицинские системы, необходимо провести градацию типов для понимания уровней систем. Таким образом, можно выделить четыре типа, которые применяются в данное время:

- Базовая информационная система (БИС).
- Информационные системы отдельных лечебных учреждений (ИС ЛПУ).
- Территориальные информационные системы (ТИС).
- Федеральные информационные системы (ФИС).

При этом БИС, по сути, обобщает информационные потоки от медицинского персонала, в том числе врачей, разных практик. ИС ЛПУ дополнительно включает в себя аппаратное и программное обеспечение для централизации информационных потоков отдельных лечебно-профилактических учреждений, например заполнение и систематизация медицинских амбулаторных карт больного. Уровень ТИС предполагает дополнение предыдущих информационных систем комплексов средств для координации и управления единым информационным пространством в рамках муниципального образования (поселок, село, город и т. п.). Объединение всех уровней медицинских информационных системы с консолидацией в единой Big data сведений с БИС, ИС ЛПУ, ТИС формирует общегосударственную информационную систему – ФИС.

Стоит понимать, что автоматизирование позволяет обеспечить надлежащий контроль над качеством обслуживания организаций, выявляя при этом реальный уровень показателей эффективности здравоохранения в целом.

Как и говорилось ранее, даже банальный переход от бумажной картотеки в электронный вид, внесение ее в базу данных значительно ускоряет процесс обслуживания клиентов, уменьшает время пребывания в клинике, упрощает получение информации пациентом о результатах анализов, приемах врачей.

Хранение информации в электронном виде предполагает возможность повторного просмотра сведений специалистами. В данном случае подразумевается работа с системой, в которой функционируют вместе клиника, лаборатория и контактный центр на разных уровнях доступа к базе данных с целью повышения качества, эффективности, удобства предоставляемых услуг.

Примерная модель работы медицинского учреждения выглядит следующим образом.

Контроль и оперативная обработка обращений пациентов обеспечивается еще с момента звонка в клинику для получения ответов на интересующие вопросы, возможной записи на прием к различным специалистам. В свою очередь это позволяет рационально распределить рабочее время сотрудников, не упустив возможности прохождения лечения или диагностики всех желающих.

То есть применение систем автоматизированного управления к процессу модерации медицинских осмотров и/или медкомиссии позволит существенно сократить срок прохождения данных осмотров за счет автоматизированного сбора, анализа результатов лабораторных исследований и их последующего занесения в рабочую базу данных, которая доступна каждому специалисту. Данный подход позволяет одновременно обрабатывать большее количество справок, что позволяет увеличить поток одновременно обслуживаемых пациентов.

Применение методов оптимизации процесса и управления, а также и систематизированное внедрение алгоритмов автоматизации в медицинской сфере позволяет как оптимизировать (путем уменьшения периода ожидания) процесс обслуживания пациентов, так и повысить качество оказываемых медицинских услуг (консультирования, лечения и т. п.). Например, снижение пиковой нагрузки на специалиста за счет автоматизации записи, планирования и управления временем приема способствует как повышению его эффективности, так и уменьшению «живой» очереди в замкнутых помещениях лечебных учреждений, что в свою очередь приводит к снижению эпидемиологических рисков.

Специфика работы медицинских учреждений позволяет активно внедрять автоматизированные системы управления широким рядом медицинских манипуляций. Например, внедрение систем автоматизированного управления и обработки большими объемами информации в процесс модерирования предрейсовых осмотров водителей в стороннем лечебно-профилактическом учреждении, локация которого не совпадает с местоположением автобазы, позволяет путем обеспечения моментальной передачи сведений о допуске к рейсу водителя приводить к повышению как эффективности планирования рейсовой нагрузки водителя, так и к оптимизации загруженности автобазы и медучреждения, с одной стороны, и исключить вероятность подделки водителями профилактических диагностических документов – с другой. При желании организации данный процесс можно проводить без присутствия врачей, полностью доверившись искусственному интеллекту. Для этого будет необходимо иметь базу с изображениями зрачков водителей в различных состояниях (покоя, возбуждения) для обучения нейронной сети. Далее нейросеть, анализируя полученную информацию, сравнит ее с имеющейся выборкой и сделает

заключение по осмотру, внося все это в базу данных. Также как вариант можно рассматривать использование распознавания речи для последующего анализа.

Использование искусственного интеллекта в медицине упрощает работу специалистов, облегчая рутинность, сокращая время исследования и как итог получение пациентом более оперативной помощи. Несмотря на очевидные плюсы нейронных сетей, есть и определённые сложности взаимодействия.

Однако недостаточно активное внедрение таких нейронных сетей в медицинских учреждениях объясняется высокой сложностью их разработки: например, для корректного выявления и анализа патологии нейросеть должна быть обучена на широком классе аналогичных патологий, то есть, кроме архитектуры сети, разработки и внедрения генетических алгоритмов, требуется еще и ее дообучение алгоритмам обработки сложных неструктурных изображений, их фрагментации и дефрагментации.

При существовании публично доступных датасетов (наборов данных) их реальное использование возможно только для личных (не коммерческих) целей. С другой стороны, применяемая в данных датасетах локальная структура может не соответствовать особенностям и требованиям решаемых задач. Совокупность этих проблем имеет один логичный и универсальный метод разрешения (разработка и создание авторских датасетов), сложно реализуемый на практике без постоянной консультации с конечным потребителем – медицинскими работниками. Такие консультации необходимы для полноты получаемой информации и реальности клинической практики с целью учета в достаточной степени специфики работы врачей. Еще одним ограничивающим распространение и даже внедрение авторских программ автоматизированного управления работой медицинских учреждений является несовершенство законодательной базы, а именно – отсутствие отраслевых документов, регламентирующих применение в медицине систем автоматизированного управления процессами. В настоящее время, согласно [2], проект нормирующей данные аспекты администрирования медицинскими учреждениями документации находится в разработке.

Исходя из полученной информации вернемся к варианту автоматизации с частичным использованием ручного труда. Работа медицинских сестер и знания врачей, их компетентность в различных направлениях будет способствовать увеличению рейтингов организаций и рекомендаций пациентам.

Для автоматизации работы клиник и прочих лечебных учреждений необходимо идеально отлаженный софт. Это подразумевает за собой одну программу или программный комплекс с функциями управления, систематизации и анализа всей поступающей в организацию информации. Все множество видов подобного программного обеспечения можно классифицировать на три основных типа/категорий:

– Программное обеспечение для управления процессом карточного учета пациентов, предусматривающее в том числе и функции контроля и записи на прием, функции рассылки уведомительных напоминаний пациентам о назначенных медицинских манипуляциях/процедурах.

– Базы данных, содержащие актуальную и архивную информацию о наличии в данном медицинском учреждении препаратов и оборудования, закупочные ведомости, планы поставок и т. д.

– Программы для автоматизации обработки результатов анализов и исследований (в том числе медицинских снимков), обеспечения и управления системами функционирования сервиса телемедицины и различных многоканальных виртуальных автоматизированных станций телефонного консультирования.

Заключение

Таким образом, показано, что в настоящее время особую актуальность приобретает активное внедрение автоматизированных комплексов для управления и организации различных медицинских процессов от записи на прием к специалисту и сбора первичного анамнеза до применения средств автоматизации и роботизированных систем при проведении операций повышенной сложности. При этом контроль за системой управления может быть осуществлен дистанционно.

Можно заметить, что направления достаточно объемны и их много, как и вариантов самих программ. Здесь каждая организация подходит к выбору исходя из своих потребностей, целей и возможностей.

Для некоторого логического завершения стоит оценить преимущества автоматизированных медицинских осмотров:

– Использование автоматизированных медицинских комплексов для проведения медосмотров сокращает время прохождения осмотра до десяти раз. В среднем прохождение медосмотра занимает от двух до трех минут.

– Процедура проведения осмотра строго соответствует установленному регламенту, все результаты фиксируются, исключая возможность внесения недостоверных или фиктивных данных. Проводится объективная оценка состояния здоровья на основании реальных показателей медицинских приборов.

– Хранение информации осуществляется только на защищенных серверах, откуда доступно формирование отчетов для руководителей предприятий и также возможность уведомления пациентов, врачей в определенных случаях.

– При варианте комплекса с самостоятельным прохождением пациентами осмотра при использовании установленного оборудования для проведения осмотра не требуется отдельного помещения и непосредственного присутствия медицинского работника, что позволяет снизить расходы на лицензирование и оснащение медицинского кабинета. В данном случае, помимо этого, происходит сокращение затрат на зарплату медицинского персонала.

– Все оборудование имеет необходимые сертификаты, технология проведения осмотра соответствует законодательно установленному порядку проведения медицинских осмотров.

Для полного понимания необходимо описать процесс:

1. Каждый сотрудник организации проходит регистрацию в системе автоматизированных осмотров и получает персональный идентификатор, используемый для авторизации перед началом осмотра.

2. После авторизации начинается процедура проведения медосмотра, сотрудник выполняет действия, согласно указаниям на мониторе. На этом этапе

с помощью медицинских приборов измеряются необходимые показатели: температура тела, артериальное давление, сердечный ритм, концентрация внимания, определяется наличие паров алкоголя в выдыхаемом воздухе (если речь идет про осмотр водителей перед выездом), проводится сбор и анализ жалоб.

3. Полученные данные передаются в электронный кабинет врача. Врач идентифицирует пациента и на основании полученных показателей принимает решение о допуске к работе. Заключение врача подписывается электронной цифровой подписью.

4. Заключение врача и протокол прохождения медосмотра сохраняются в базе данных и доступны в программе для просмотра, распечатки, отправки по электронной почте или формирования необходимых разрешительных документов, например путевых листов.

Список использованных источников и литературы

1. Зарубина, Т. В. Актуальные вопросы внедрения информационных технологий в здравоохранении // Вестник Росздравнадзора. – 2018. – № 3. – С. 20–25.

2. Карпов, О. Э. Автоматизация бизнес-процессов лечебного учреждения на основе медицинской информационной системы // Менеджер здравоохранения. – 2016. – № 9. – С. 57–66.

3. Труханов, А. И. Современная роль персонифицированной цифровой медицины в развитии медицинской реабилитации / А. И. Труханов, С. Г. Скакун, А. В. Гречко // Вестник восстановительной медицины. – 2018. – № 1 (83). – С. 2–13.

4. Стефанова, Н. А. Проблемы цифровизации сферы здравоохранения: российский и зарубежный опыт / Н. А. Стефанова, И. В. Андропова // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2018. – Т. 9, № 3. – С. 31–35.

5. Искусственный интеллект для здоровьесбережения и развития личностного потенциала (обзор) / В. Н. Крутько, В. И. Донцов, О. В. Митрохин, А. А. Матвеев, Н. А. Ермакова, Н. С. Потемкина // Труды Института системного анализа Российской академии наук. – 2020. Т. 70, № 3. – С. 86–100. – DOI 10.14357/20790279200310.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020611540. ITworks: Медицина. ERP : № 2020610740 : заявл. 23.01.2020 : опубли. 04.02.2020 ; заявитель ООО «ИТВОРКС».

R.R. Nasirov, undergraduate,

A.A. Chernova, Ph.D., Associate Professor

Kalashnikov Izhevsk technical state university

Method of automation by medicine

This article describes the groups of possible information systems, which are divided according to their levels of coverage and focus. The possibilities of modern medicine, the use of neural networks in it and the problems in their training, implementation, automation of manual labor in order to speed up processes, reduce the number of errors made and the availability of information for repeated fast reproduction are considered. An exemplary process for passing medical examinations and the advantages of automation are given. Automation allows you to ensure proper control over the quality of service organizations, while identifying the real level of health care performance indicators in general.

Keywords: automation, medical examinations, medical examinations, neural networks.

Д. А. Пономарев, студент, dima.ponomarev2345@gmail.com
С. А. Трефилов, канд. техн. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Устройство предотвращения столкновений на основе времяпролетной камеры

Планирование пути – это важная задача в области навигации мобильных роботов, мобильный робот должен не только планировать движение от точки старта до конечной точки, но и при этом определять все возможные препятствия на своем пути и планировать свое движение так, чтобы не столкнуться с ними, робот должен обходить все препятствия на своем пути движения. Для решения задачи предотвращения столкновений при планировании пути мобильным роботом в статье представлена разработка устройства предотвращения столкновений на основе времяпролетной камеры с использованием метода потенциалов. В работе представлены структурная схема устройства предотвращения столкновений, описание его составных компонентов, принцип функционирования устройства, а также математический алгоритм функционирования данного устройства.

Ключевые слова: времяпролетная камера, облако точек, предотвращение столкновения, мобильный робот, планирование пути.

Введение

Планирование пути – это важная задача в области навигации мобильных роботов. Эта задача заключается, во-первых, в планировании движения мобильного робота от начальной точки до конечной, во-вторых, на спланированном пути мобильный робот должен обходить все препятствия на своем пути. За последние 10 лет времяпролетная технология значительно подешевела и возможности применения ее стали гораздо доступнее для решения различных технических задач, главное преимущество времяпролетной камеры от других датчиков – это высокая точность и скорость, что, например позволяет точно и быстро определять расстояние до препятствий в виде облака точек, что очень хорошо для устройства предотвращения столкновений.

Основная часть

В мобильных роботах для предотвращения столкновений могут использоваться различные датчики, например ультразвуковой датчик [1]. Но времяпролетная камера в отличие от ультразвуковых датчиков может обеспечить более точное определение препятствия и с большей скоростью, что улучшит качество работы устройства предотвращения столкновений. Поэтому в основе устройства предотвращения столкновений было принято использовать времяпролетную

камеру. Времяпролетная камера выдает в кадре облако точек, каждая точка представлена координатами относительно датчика камеры.

Структурная схема устройства представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема устройства

Времяпролетная камера в устройстве выполняет съемку всего, что находится впереди на пути мобильного робота и передает снятые данные о препятствиях на микроконтроллер по интерфейсу Ethernet, на микроконтроллере происходит обработка полученных данных, вследствие которых происходит регулирование движения мобильного робота с помощью метода потенциалов.

В качестве времяпролетной камеры была выбрана камера Fotonic P70, она обладает скоростью сканирования в 30 кадров в секунду, данной камеры должно быть достаточно для быстрой съемки пространства.

В качестве микроконтроллера принято решение использовать микроконтроллер Raspberry Pi 2, так как данный микроконтроллер достаточно производительный для решения поставленной задачи и представляет из себя, по сути, полноценный ПК, к которому можно подключить дисплей через HDMI-разъем, мышку и клавиатуру через USB-интерфейс, это исключает потребность в стороннем ПК, с помощью которого происходило бы управление устройством, а также данный микроконтроллер обладает интерфейсом Ethernet для подключения времяпролетной камеры, является достаточно легким для программирования, имеет не такую высокую стоимость, что делает данный микроконтроллер хорошим выбором для поставленной задачи. Характеристики микроконтроллера [2] представлены в табл. 1.

Принцип функционирования устройства заключается в том, что времяпролетная камера получает данные о местности и препятствиях впереди пути движения мобильного робота в виде облака точек, эти данные передаются на микроконтроллер, который обрабатывает эти данные, получая координаты и расстояния до препятствий на пути, после чего по методу потенциалов корректируется движение мобильного робота, например, если впереди есть препятствие, то мобильный робот должен это препятствие объехать или остановиться перед ним.

В качестве алгоритма предотвращения столкновений выступает метод потенциалов. Данный метод позволяет эффективно находить путь к цели и избегать препятствия на пути движения.

Таблица 1. Характеристики микроконтроллера Raspberry Pi 2

Характеристика	Параметр
Число ядер	4
Частота ядер	900 МГц
Модель ядер	ARM Cortex-A7
Объем оперативной памяти	1 Гб
SoC	Broadcom BCM2836
Максимальное разрешение выводимой картинки на дисплей	1920×1200
Число портов ввода-вывода общего назначения	40
Габариты	85×54 мм
Доступные низкоуровневые интерфейсы	UART, I2C/TWI, SPI
Номинальное напряжение питания	5 В
Потребление тока без внешних устройств	800 мА
Разъем для подключения дисплея	HDMI, DSI

Данный метод проиллюстрирован на рис. 2.

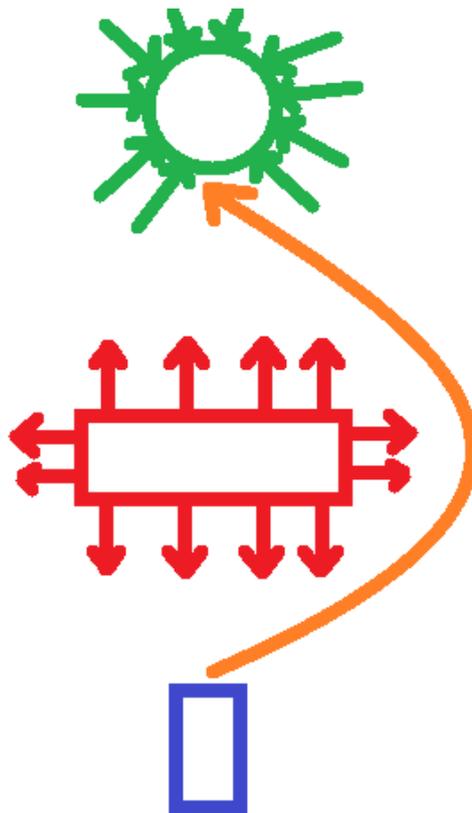


Рис. 2. Иллюстрация работы метода потенциалов

На рисунке синий прямоугольник – это мобильный робот с устройством предотвращения столкновений на основе времяпролетной камеры, красный прямоугольник – это препятствие, красные стрелки – это отталкивающее поле, создаваемое препятствием, зеленый круг – это место, куда должен приехать мобильный робот, а зеленые стрелки – это притягивающее поле, создаваемое местом,

куда должен приехать мобильный робот, оранжевая стрелка – это результирующая траектория движения мобильного робота, определяемая при помощи метода потенциалов.

Суть метода заключается в том, что объекты, которые препятствуют движению, создают отталкивающее поле, а цель движения создает притягивающее поле [3]. На основе этих полей вычисляется потенциальное поле для каждого промежутка времени движения мобильного робота, по вычисленному потенциальному полю определяются нужные движения мобильного робота, чтобы не столкнуться с препятствием и корректно доехать до цели.

Представим мобильного робота как материальную точку, потенциальная функция может быть записана в виде:

$$U(q) = U_{att}(q) + \sum_{i=1}^n U_{rep,i}(q),$$

где $U_{att}(q)$ – притягивающая потенциальная функция в точке q ; $\sum_{i=1}^n U_{rep,i}(q)$ – отталкивающие потенциальные функции, соответствующие препятствиям; i – номер препятствия; n – число препятствий.

Функция притягивающего потенциального поля:

$$U_{att}(q) = \frac{1}{2} k_p (q - q_g)^2,$$

где k_p – коэффициент притяжения.

Эта функция порождает векторное поле антиградиента:

$$F_{att}(q) = -\nabla U_{att}(q) = -k_p (q - q_g),$$

Для каждого i -го препятствия используется потенциальная функция:

$$U_{rep,i}(q) = \begin{cases} \frac{1}{2} k_{ri} \left(\frac{1}{\rho_i} - \frac{1}{\rho_{0i}} \right)^2 (q - q_g)^n & \rho \leq \rho_0 \\ 0 & \rho > \rho_0' \end{cases}$$

где k_{ri} – коэффициент отталкивания; $\rho_i = |q - q_i|$, q_i – центр препятствия; ρ_{0i} – радиус круговой области влияния препятствия.

Эта функция порождает векторное поле градиента:

$$F_{rep,i}(q) = \begin{cases} F_{rep,i}^1 n_1 + F_{rep,i}^2 n_2 & \rho \leq \rho_0 \\ 0 & \rho > \rho_0' \end{cases}$$

где $F_{rep,i}^1 = k_r \left(\frac{1}{\rho_i} - \frac{1}{\rho_{0i}} \right) \frac{1}{\rho_i} (q - q_g)^n$; $F_{rep,i}^2 = \frac{n}{2} k_r \left(\frac{1}{\rho_i} - \frac{1}{\rho_{0i}} \right)^2 (q - q_g)^{n-1}$;

$n_1 = \nabla(q - q_i)$; $n_2 = -\nabla(q - q_g)$ – единичные векторы, направленные от препятствия к точке и от точки к целевой точке.

По полученным векторным полям идет регулирование траектории движения мобильного робота.

Для времяпролетной камеры Fotonix P70 существует специальное API, с помощью которого на языке программирования C++ можно управлять, настраивать режим работы времяпролетной камеры, а также получать данные с камеры.

Для работы с времяпролетной камерой Fotonic P70 нужно с помощью данного API произвести программное соединение с камерой, после чего сконфигурировать соединенную времяпролетную камеру в виде конфигурации таких параметров, как частота кадров, выдержка и т. д. После конфигурации нужно программно запустить работу камеры, после программного запуска камеры можно получать данные о яркости, глубине изображения, снимаемого времяпролетной камерой, а также в случае с времяпролетной камерой Fotonic P70 можно получать цветные кадры с сенсора. После завершения работы нужно программно остановить работу камеры и отключить соединение с камерой.

Нужные функции API для вышеописанных действий представлены в табл. 2.

Таблица 2. Функции API для работы с времяпролетной камерой Fotonic P70

Функция API	Описание
FZ_Init()	Инициализирует FZ API. Эта команда должна быть вызвана первой в приложении
FZ_Exit()	Деинициализирует FZ API. Эта команда должна быть вызвана после окончания работы с API
FZ_EnumDevices2()	Перечисляет устройства FZ, подключенные к системе
FZ_Open()	Устанавливает связь с датчиком и возвращает дескриптор для дальнейших ссылок
FZ_Close()	Закрывает связь между датчиком и приложением
FZ_IOCTL()	Отправляет код управления вводом-выводом на камеру для установки или получения параметров. Функция используется для запуска и установки камеры, а также для настройки параметров камеры
FZ_SetFrameDataFmt()	Устанавливает формат вывода кадра для функции FZ_GetFrame
FZ_GetFrame()	Получает один кадр, содержащий данные о X, Y, Z и данные яркости
FZ_FrameAvailable()	Проверяет, доступен ли хотя бы один кадр непосредственно для FZ_GetFrame без необходимости его блокировки
FZ_OpenFrameChannel()	Открывает локальный сетевой кадровый канал TCP/IP, позволяющий совместно использовать полученные кадры между процессами
FZ_CloseFrameChannel()	Закрывает открытый кадровый канал
FZ_SendFrameToChannel()	Отправляет кадр на открытый кадровый канал
FZ_GetFrameFromChannel()	Принимает кадр по открытому каналу

С использованием данного API программа на языке C++ получает данные с времяпролетной камеры, которые в дальнейшем микроконтроллер обрабатывает с помощью метода потенциалов, после чего происходит регулирование движение мобильного робота по полученным векторным полям.

Заключение

В данной работе представлено устройство предотвращения столкновений для мобильного робота на основе времяпролетной камеры и метода потенциалов проектирования траектории, приведена структурная схема, описание составных компонентов устройства, а также математический алгоритм функционирования системы.

Список использованных источников и литературы

1. Патент на полезную модель № 178222 U1 Российская Федерация, МПК В25J 5/00. Мобильный робот : № 2017108594 : заявл. 15.03.2017 : опубл. 28.03.2018 / В. В. Глебов, О. В. Егоркин, Д. А. Старов ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева» (НГТУ).
2. Raspberry Pi 2 Model B — второе поколение Raspberry Pi // MicroPi URL: <https://micro-pi.ru/raspberry-pi-2-model-b-rpi-bcm2836-bcm2837/> (дата обращения: 10.05.2022).
3. Лю, В. Методы планирования пути в среде с препятствиями (обзор) / В. Лю // Математика и математическое моделирование. – 2018. – № 1. – С. 15-58. – DOI 10.24108/mathm.0118.0000098.

D.A. Ponomarev, student

S.A. Trefilov, Candidate of Technical Sciences, associate Professor

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Collision avoidance device based on time-of-flight camera

Path planning is an important task in the field of navigation of mobile robots, a mobile robot must not only plan the movement from the starting point to the end point, but also at the same time identify all possible obstacles in its path and plan its movement so as not to collide with them, the robot must bypass all obstacles in its path of movement. To solve the problem of collision avoidance when planning a path by a mobile robot, the article presents the development of a collision avoidance device based on a time-of-flight camera using the method of potentials. The paper presents a block diagram of a collision avoidance device, a description of its components, the principle of operation of the device, as well as a mathematical algorithm for the functioning of this device.

Keywords: time-of-flight camera, point cloud, collision avoidance, mobile robot, path planning.

С. Ф. Потапова, студент, sofiartdesig@gmail.com
Г. Р. Валиева, ст. преподаватель кафедры
«Технология промышленной и художественной обработки материалов»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Применение реверс-инжиниринга в промышленном дизайне

В статье рассмотрены возможности реверс-инжиниринга в промышленном дизайне, области его применения, особенности данного метода, применяемое оборудование. Данный метод позволяет исследовать детали или изделия, понять принцип его работы, получить на них конструкторскую документацию и разработать собственный продукт, изучая и дорабатывая объект с аналогичными функциями. Сам метод содержит в себе три этапа: трехмерное сканирование и получение электронной модели изделия, обработка полученных данных и создание необходимой документации, выстраивание производственного процесса. Для сканирования применяется современное оборудование, позволяющее получить точные линейные размеры данного объекта в рамках допуска, к такому оборудованию относятся КТ-сканер, машины для контактного измерения, 3D-сканеры. После моделирования объекта его можно произвести при помощи процессов литья и формования, фрезерование и механической обработки с ЧПУ, а также аддитивное производство.

Ключевые слова: реверс-инжиниринг, эргономичная рукоятка, машины для контактного измерения, компьютерная томография, лазерные сканеры, оптические 3d-сканеры.

Продукты промышленного дизайна в основном создают методом проектирования и моделирования, однако в некоторых случаях этого недостаточно. Так, на пример для адаптации эргономичной рукоятки спортивного пистолета [1, 2] к различным моделям пистолетов [3], необходимо построение трехмерных моделей рам этих пистолетов при отсутствии оригинальной конструкторской документации. Технология обратного моделирования позволяет решить эту задачу. Рассмотрим особенности применения данного метода.

Реверс-инжиниринг (обратная разработка) – это исследование какого-либо готового изделия и документации на него для выявления его принципа работы. Данный метод позволяет разработать собственный продукт, изучая и дорабатывая объект с аналогичными функциями.

Реверс-инжиниринг позволяет с минимальными экономическими и интеллектуальными затратами понять принцип работы изделия, узнать его размеры, получить чертеж и другую требуемую документацию. А после – приступить к производству.

При помощи современных аппаратных средств модель исследуемого объекта получается весьма точной. Способы 3D-сканирования дают возможность получить точность менее чем 15 мкм, что позволяет осуществлять анализ отклонений объекта от оригинальной CAD-модели с помощью разнообразных программных средств. Благодаря этому появляется возможность определить нахождение линейных значений данного объекта в рамках допуска.

Возможности контроля качества, а также редактирования формы объекта являются очень важными в различных видах промышленности, поэтому реверс-инжиниринг является неотъемлемой частью современного промышленного комплекса [4].

На данный момент можно отметить несколько областей применения реверс-инжиниринга:

- 1) исследование детали или изделия на наличие ошибок, сопоставление изготовленного изделия с CAD-чертежом, получение технической документации;
- 2) проектирование изделий и запасных частей при отсутствии оригинальной технической документации;
- 3) 3D-оцифровка поверхностей сложной формы, в том числе художественных форм и слепков; создание 3D-модели объекта для дальнейшего его изготовления на станке с ЧПУ;
- 4) создание 3D-модели частей тела человека для медицинских и других целей;
- 5) 3D-печать объекта [4].

Результат применения реверс-инжиниринга можно увидеть в повседневной жизни, например канистры «Jerry cans» скопированы американцами у немцев, советский грузовик АМО-3 является практически полной копией американской модели «AutoCar - SA», советский самолет Ту-4 является копией американского Boeing B-29 Superfortress. Китайские внедорожники Admiral, Great Wall практически полностью повторяют Toyota Hilux Surf.

Разработка продукта методом реверс-инжиниринга содержит в себе три этапа:

- трехмерное сканирование, получение CAD-модели (электронной модели) изучаемого изделия;
- моделирование и обработка полученных данных, создание чертежей;
- выстраивание производственного процесса, изготовление собственного продукта.

На первом этапе для сканирования наиболее популярными являются 3D-сканирование, машины для контактного измерения и компьютерная томография. Каждый метод имеет свои плюсы и минусы, в зависимости от продукта, а также вашего бюджета, опыта работы с выбранной технологией и доступного срока реализации проекта.

Эффективный способ получения как внешних, так и внутренних измерений объекта, компьютерная томография обычно считается серьезным инструментом медицинской диагностики. Но это также жизнеспособное решение для обратно-

го проектирования с учетом правильных обстоятельств и приложения. Испускающая рентгеновские лучи через объект, КТ-сканер в основном не зависит от проблем с прямой видимостью, что позволяет фиксировать внутренние особенности, пористость и другие пустоты. КТ-сканеры обычно работают, испуская конус рентгеновских лучей через деталь или срез рентгеновских лучей через деталь, а затем собирая множество различных слоев данных вместе в полную трехмерную модель.

В то время как сильная сторона КТ-сканера заключается в его способности захватывать как внешние, так и внутренние поверхности объекта, пока эта технология применима только к узкому кругу промышленных объектов. Данное оборудование имеет ряд минусов:

- высокая цена, требует специального обучения оператора;
- компьютерные томографы иногда могут страдать от дефектов при сканировании металлических объектов или даже объектов с металлическими компонентами.

Контактное измерение обеспечивает исключительную точность 3D-данных, собранных сенсорным датчиком КИМ. Они используют предварительно запрограммированный или управляемый оператором зонд для записи серии координат XYZ на поверхности объектов, по сути, шаг за шагом создавая трехмерное представление видимой геометрии объекта. Недостатки здесь включают неспособность машины осматривать участки поверхности, к которым ее зонд физически не имеет доступа, риски нанесения необратимого повреждения различным материалам и низкую скорость сбора данных, и это лишь некоторые из них.

В большинстве случаев для реверс-инжиниринга применяются 3D-сканеры. Для бесчисленных тысяч пользователей по всему миру профессиональные настольные, портативные и устанавливаемые на штатив 3D-сканеры являются надежным выбором для реверс-инжиниринга и многого другого. Они недорогие, легко транспортируются, не требуют специального обучения. Используются 2 вида 3D-сканеров:

- Оптические 3D-сканеры (сканеры структурированного света) – принцип работы в захвате объекта с помощью одной и более камер под разными углами, чаще всего с применением специального освещения. Самый простой вариант – одна камера, а объект для сканирования размещают на контрастном фоне. Трехмерная модель образуется из полученных изображений, а точнее, из массива силуэтов на фоне. У данного варианта невысокое качество сканирования и для сложных объектов с сильным рельефом не подходит, так как вогнутые части не распознаются. Еще один метод сканирования – стереоскопический, работающий по принципу, аналогичному человеческому зрению. Сбор информации осуществляется с помощью двух камеры, которые одновременно фотографируют объект, рассчитывая в изображениях разницу расстояния до точек поверхности объекта. На основе массива данных строится 3D-модель объекта. Более точная технология в сравнении с силуэтной, но для работы с точными сложными формами не подходит [5].

– Лазерные сканеры – предназначены для сбора точных пространственных данных объектов. В работе [6] коллектив авторов описывает принцип работы лазерного сканера. Прибор производит измерения пространственных координат от прибора до точек и углов отражений с помощью лазерного излучения. Из полученных данных создается цифровая визуализация объекта или области в виде облака точек высокого разрешения. Затем эти облака точек могут быть преобразованы в полигональные сетки с помощью программного обеспечения для сканирования. Лазерные 3D-сканеры дальнего действия могут легко сканировать большие и действительно массивные объекты и сцены с невероятной точностью и четкостью.

После того как объект был отсканирован и получена его 3D-модель, можно переходить к следующему этапу. После сканирования модель переводится в полигональную 3D-модель в подходящей для этих целей программе. Далее 3D-модель экспортируется в формат САПР для анализа существующую модели и настройки ее по своему усмотрению, создания чертежей и сопроводительной документации.

После того как модель объекта готова к воплощению, необходимо выбрать способ производства. Это могут быть традиционные процессы литья и формования, фрезерование и механическую обработку с ЧПУ, а также аддитивное производство, более известное как 3D-печать или быстрое прототипирование.

Литье представляет собой процесс заполнения специальной формы материалом в жидком агрегатном состоянии (это могут быть металлы и неметаллы) с последующим его охлаждением и отвердеванием. Существует несколько видов литья: литье в землю (литье в песчано-глинистые формы), литье по выплавляемым моделям, литье в кокиль, литье под давлением, литье под регулируемым давлением, литье в оболочковые формы, центробежное литье, литье по газифицируемым моделям, непрерывное литье, литье металла в ХТС.

Формование представляет собой процесс, при котором изделие формируется из заготовок (пленка или лист), нагретых до температур, обеспечивающих переход материала в высокоэластическое состояние.

Фрезерование – это механическая обработка резанием плоскостей и пазов при которой режущий инструмент совершает вращательное движение. На станке с ЧПУ процесс фрезерования автоматизирован. На основе 3D-модели пишется программа с траекторией обработки поверхности. Данный метод подходит для металлов и древесины.

Аддитивное производство включает в себя процессы, направленные на формирование объектов последовательным добавлением материалов, в отличие от традиционных «субтрактивных» методов, применяющихся в машинной обработке и подразумевающих удаление лишней массы (резка, фрезерование, сверление и т. д.).

В работе [7] предлагается один из способов аддитивной технологии. Он включает в себе создание 3D-модели нужного изделия, разделенную послойно на расчетные сечения для последующего управления процессом послойного плавления лазерным лучом базового материала в виде двух проволок разной

тугоплавкости и диаметров. Первым этапом является формировка граничных слоев изделия послойным свариванием лазерным лучом более тугоплавкой проволоки, а после заполняют пространство между граничными слоями послойным плавлением лазерным лучом менее тугоплавкой проволоки.

Также следует отметить то, что изделие, полученное методом реверс-инжиниринга, не должно нарушать авторские права, перед производством следует изучить юридическую часть. Если изделие защищено товарным знаком или запатентовано, его нельзя просто скопировать, даже если при производстве используется другой производственный процесс [4].

Таким образом, реверс-инжиниринг позволяет изготовить изделие, используя уже готовый объект, сведя к минимуму экономические и интеллектуальные затраты. Данный метод широко применяется в промышленности, примеры его использования можно встретить в повседневной жизни. При проектировании изделия данным методом следует учитывать ряд аспектов: особенности оборудования и технологии производства, бюджет, авторские права.

Список использованных источников и литературы

1. Черных, М. М. Эргономика рукояток спортивных пистолетов / М. М. Черных, Г. Р. Садыкова, М. Е. Драгунов // Дизайн. Материалы. Технология. – 2014. – № 2 (32). – С. 39–43.

2. Садыкова, Г. Р. Размерная типология ортопедических рукояток спортивных пистолетов / Г. Р. Садыкова, М. М. Черных, М. Е. Драгунов // Дизайн. Материалы. Технология. – 2014. – № 3 (33). – С. 56–59.

3. Валиева, Г. Р. Анализ крепления рукояток стандартных спортивных пистолетов / Г. Р. Валиева // Технология художественной обработки материалов : Материалы XXIII Всероссийской научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2020. – С. 148–153.

4. Зайцев, В. Д. Реверс-инжиниринг механических систем – важный этап создания инновационных продуктов / В. Д. Зайцев, Н. И. Наумкин // Материалы VIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». – URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016020478>.

5. Исследование процесса сканирования отверстий с применением оптических 3D-сканеров / А. В. Минин, А. В. Кислова, А. В. Лутьянов, Н. С. Баранова // Оптические технологии, материалы и системы (Оптотех-2020) : сборник докладов Российской научно-технической конференции с международным участием, Москва, 10–11 декабря 2020 года. – Москва : МИРЭА – Российский технологический университет, 2020. – С. 250–252.

6. Патент № 2051448 С1 Российская Федерация, МПК H01S 3/04, H01S 5/024, H01S 5/04. Лазерный сканер : № 5060177/25 : заявл. 27.08.1992 : опубл. 27.12.1995 / А. В. Садчихин, В. Н. Кацап, В. В. Цыганков.

7. Патент № 2674588 С2 Российская Федерация, МПК B23K 31/00, B23K 26/342, B23K 37/02. Способ аддитивного сварочно-плавильного изготовления трёхмерных изделий и установка для его осуществления : № 2017114423 : заявл. 25.04.2017 : опубл. 11.12.2018 / В. В. Биттер, А. В. Филатов, О. В. Кривенко ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Научный логистический центр».

S. F. Potapova, student, e-mail: sofiartdesig@gmail.com

G. R. Valieva, senior lecturer of the department

«Technology of industrial and artistic processing of materials»

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Application of reverse engineering in industrial design

The article discusses the possibilities of reverse engineering in industrial design, its scope, features of this method, the equipment used. This method allows you to explore parts or products, understand the principle of its operation, obtain design documentation for them and develop your own product, studying and modifying an object with similar functions. The method itself contains three stages: three-dimensional scanning and obtaining an electronic model of the product, processing the received data and creating the necessary documentation, building the production process. For scanning, modern equipment is used to obtain the exact linear dimensions of a given object within tolerance, such equipment includes a CT scanner, contact measurement machines, and 3D scanners. Once an object has been modeled, it can be produced using casting and molding processes, CNC milling and machining, and additive manufacturing.

Keywords: reverse engineering, ergonomic handle, contact measurement machines, computed tomography, laser scanners, optical 3d scanners.

А. А. Разживин, магистрант, komwar@yandex.ru
С. А. Трефилов, канд. техн. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Имитационное моделирование транспортного робота на основе DLQR-регулятора в среде Matlab Simulink

В данной статье представлены результаты работы имитационной модели транспортного робота на основе цифрового линейно-квадратичного регулятора с обратной связью по состоянию для систем с дискретным временем и пространством состояний (далее DLQR-регулятор), такие как моделирование матрицы состояний, пример работы DLQR-регулятора с визуализацией траектории движения транспортного робота. Транспортный робот представляет собой объект с установленным бесколлекторным двигателем постоянного тока (далее БДПТ), управляемым по электрической схеме H-моста, и стационарной камерой для ориентации в пространстве. Гипотеза научной новизны основного результата заключается в повышении эффективности системы управления за счет перехода от векторного управления к теории оптимального управления, так как векторное управление не оптимально, с применением DLQR-регулятора. На текущий момент для демонстрации работы DLQR-регулятора применяется заранее известный маршрут. Такое решение принято для отладки имитационной модели.

Ключевые слова: DLQR-регулятор, БДПТ, оптимальное управление, имитационная модель.

Введение

Обеспечение управления электроприводом транспортного робота является важнейшим фактором при обеспечении точности позиционирования. Необходимо совершенствование управления для увеличения надежности системы, минимизация ошибок и увеличение быстродействия. Развитие алгоритмов оптимального управления транспортным роботом составляет важную часть научных исследований в военной, гражданской и космической области. Оптимальное управление транспортным роботом позволяет отказаться от человека при работе в сложных, монотонных и опасных средах. Их надежность в тяжелых для человека условиях намного выше. Повышение эффективности системы управления предполагается достичь за счет перехода от векторного управления к теории оптимального управления с применением DLQR-регулятора. Повышение точности позиционирования предлагается достичь с помощью алгоритма прыгающих кубов на основе данных, полученных от времяпролетной камеры. Планируемая траектория строится методом потенциалов.

Имитационное моделирование

На сегодняшний день DLQR-регулятор является основным и фундаментальным результатом в теории оптимального управления.

Матрица пространства

$$[K, S, e] = dlqr(A, B, Q, R, N). \quad (1)$$

Данное уравнение вычисляет оптимальную матрицу усиления так, чтобы закон обратной связи по состоянию:

$$u[n] = -Kx[n]. \quad (2)$$

Закон обратной связи по состоянию минимизирует квадратичную функцию сопротивлений

$$J[u] = \sum_{n=1}^{\infty} (x[n]^T Qx[n] + u[n]^T Ru[n] + 2x[n]^T Nu[n]). \quad (3)$$

Для квадратичной функции сопротивлений можно масштабировать расчетные переменные таким образом, чтобы число условий матрицы Гесса по отношению к новым расчетным переменным было единицей (число условий матрицы вычисляется как отношение наибольшего к наименьшему собственным значениям матрицы).

Для модели дискретно-временного состояния пространства

$$x[n + 1] = Ax[n] + Bu[n]. \quad (4)$$

Дополнительно к усилению обратной связи по состоянию данное уравнение возвращает решение S с бесконечным горизонтом связанного уравнения Риккати с дискретным временем $Kdlqr$ [3]

$$A^T SA - S - (A^T SB + N)(B^T SB + R)^{-1}(B^T SA + N^T) + Q = 0. \quad (5)$$

Собственное значение замкнутого контура

$$K(B^T SB + R)^{-1}(B^T SA + N^T). \quad (6)$$

Текст программы представлен ниже.

```
close all
clear all
clc
format short g
```

```
%% Параметры
```

```
m_B = 1;           % Масса тела
m_W = 0.05;        % Масса колеса
r   = 0.05;        % Радиус колеса
d   = 0.25;        % межосевое расстояние
I_W_a = 0.0000365; % Момент инерции колеса относительно оси вращения
I_W_d = 0.00001825; % Момент инерции колеса относительно диаметра
C_L   = 0;
g     = 9.81;      % Гравитационная постоянная
k_m   = 0.63;     % Крутящий момент двигателя
k_e   = 0.63;     % Обратная ЭДС двигателя
```

```

R_m = 1.25;    % Сопротивление двигателя
n    = 1;
%% Вычисление матрицы
A = linear_SBR_A(I_W_a,R_m,g,k_e,k_m,m_B,m_W,r)
B = linear_SBR_B(I_W_a,I_W_d,R_m,d,k_m,m_B,m_W,r)
A_test = linear_SBR_A(I_W_a,I_W_d,R_m,d,g,k_e,k_m,m_B,m_W,n,r)
B_test = linear_SBR_B(I_W_a,I_W_d,R_m,d,k_m,m_B,m_W,n,r)
C    = eye(6);
D    = zeros(6,2);
R    = diag([0.01 0.01]);    % Входная матрица
Q    = diag([500 20000 1000 2000 1 0]); % Матрица состояния

%% Проверка
ra = rank(ctrb(A_v,B_v));
ra_test = rank(ctrb(A_test,B_test));
%% Непрерывный контроль времени
K_v    = lqr(A_v,B_v,Q,R)    % Линейно-квадратичный регулятор
K_test = lqr(A_test,B_test,Q,R)
%% Дискретный контроль времени
sys_c = ss(A_v,B_v,C,D);
sys_test = ss(A_test,B_test,C,D)
Ts    = 0.01;
sys_d = c2d(sys_c,Ts,'zoh');
sys_dtest = c2d(sys_test,Ts,'zoh');
a    = sys_d.A;
b    = sys_d.B;
c    = sys_d.C;
dd   = sys_d.D;

a_test    = sys_dtest.A;
b_test    = sys_dtest.B;
c_test    = sys_dtest.C;
dd_test   = sys_dtest.D;
K_dis = dlqr(a,b,Q,R) % Дискретный линейно-квадратичный регулятор [2]

K_dis_test = dlqr(a_test,b_test,Q,R) % Проверка

```

Результат расчета матриц состояний: матрица системы A и матрица управления B, проверка данных матриц, для имитационного моделирования в среде Matlab Simulink представлен в табл. 1.

Результат формирования матрицы линейно-квадратичного регулятора, проверка данной матрицы для имитационного моделирования в среде Matlab Simulink представлен в табл. 2.

Таблица 1. Результат расчета матриц состояний: матрица системы А и матрица управления В, проверка

Матрица системы А						Матрица управления В	
A_v =						B_v =	
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
0	-8.857	0	-527.77	0	0	17.802	17.802
0	9.9847	0	289.25	0	0	-9.7564	-9.7564
0	0	0	0	0	0	1.3611	-1.3611
Проверка матрицы системы А						Проверка матрицы управления В	
A_test =						B_test =	
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
0	-8.857	0	-527.77	0	0	17.802	17.802
0	9.9847	0	289.25	0	0	-9.7564	-9.7564
0	0	0	0	0	-4.6405	1.3611	-1.3611

Таблица 2. Результат расчет матрицы линейно-квадратичного регулятора, проверка

Матрица линейно-квадратичного регулятора						
K_v =						
-158.11	-3373.6	223.61	-477.6	-1422.4	12.817	
-158.11	-3373.6	-223.61	-477.6	-1422.4	-12.817	
Проверка матрицы линейно-квадратичного регулятора						
K_test =						
-158.11	-3373.6	223.61	-477.6	-1422.4	11.226	
-158.11	-3373.6	-223.61	-477.6	-1422.4	-11.226	

Результат расчет матриц С и D, проверка данных матриц для имитационного моделирования в среде Matlab Simulink представлен в табл. 3.

Таблица 3. Результат расчет матриц выхода С и прямой связи D

Матрица выхода С							Матрица прямой связи D		
C =							D =		
	x1	x2	x3	x4	x5	x6		u1	u2
y1	1	0	0	0	0	0	y1	0	0
y2	0	1	0	0	0	0	y2	0	0
y3	0	0	1	0	0	0	y3	0	0
y4	0	0	0	1	0	0	y4	0	0
y5	0	0	0	0	1	0	y5	0	0
y6	0	0	0	0	0	1	y6	0	0

Результат формирования матрицы DLQR-регулятора, проверка данной матрицы для имитационного моделирования в среде Matlab Simulink представлен в табл. 4.

Таблица 4. Результат расчет матрицы DLQR-регулятора, проверка

Матрица DLQR регулятора

K_dis =					
-7.2447	-157.1	187.85	-36.077	-66.23	11.748
-7.2447	-157.1	-187.85	-36.077	-66.23	-11.748
Проверка матрицы DLQR регулятора					
K_dis_test =					
-7.2447	-157.1	191.97	-36.077	-66.23	10.391
-7.2447	-157.1	-191.97	-36.077	-66.23	-10.391

Разработана имитационная модель [1] аппаратного модуля на основе DLQR-регулятора в среде Matlab Simulink.

Аналогичная имитационная модель управления БДПТ на основе DLQR-регулятора представлена в [4]. Программа предназначена для синтеза линейно-квадратичного гауссовского регулятора в системах управления скоростью электроприводов наведения крупного радиотелескопа (РТ-70). Линейно-квадратичный гауссовский регулятор (LQG) является сочетанием фильтра Калмана, т. е. линейно-квадратичной оценки (LQE) и линейно-квадратичного регулятора (LQR). Данные подходы в применении для систем управления электроприводами наведения крупного радиотелескопа являются современным. В данной программе описывается способ построения математической линейной модели объекта управления представленной четырехмассовой упругой системы. Представлен математический подход к управлению с линейно-квадратичным гауссовским регулятором. Функциональные возможности программы содержат: способ построения математического описания объекта управления в пространстве состояний; расчет параметров линейно-квадратичного регулятора и линейно-квадратичной оценки в контуре скорости регулирования.

Аналогичная система управления БДПТ рассмотрена в [5]. Изобретение относится к области систем программирования роботов. Человекоподобный робот содержит тело, соединенное с всенаправленным мобильным наземным основанием и снабженное датчиком положения тела и датчиком положения основания для обеспечения замеров, исполнительными механизмами, содержащими двигатели сочленений и по меньшей мере три колеса, расположенные во всенаправленном мобильном основании, с по меньшей мере одним всенаправленным колесом, средствами извлечения для преобразования замеров в наблюдаемые данные, контроллером для вычисления команд положения, скорости и ускорения из наблюдаемых данных с использованием модели робота и предупорядоченных ориентиров положения и скорости, средством для преобразования команд в инструкции для исполнительных механизмов. При этом модель робота является моделью с двумя сосредоточенными массами, при этом первая сосредоточенная масса (b) представляет собой центр масс (CoM) мобильного основания, а вторая сосредоточенная масса (c) представляет собой CoM верхнего тела, причем первая сосредоточенная масса (b) и вторая сосредоточенная масса (c) обладают фиксированной высотой. 2 н. и 4 з.п. ф-лы, 8 ил.

На рис. 1 представлена структурная схема имитационной модели.

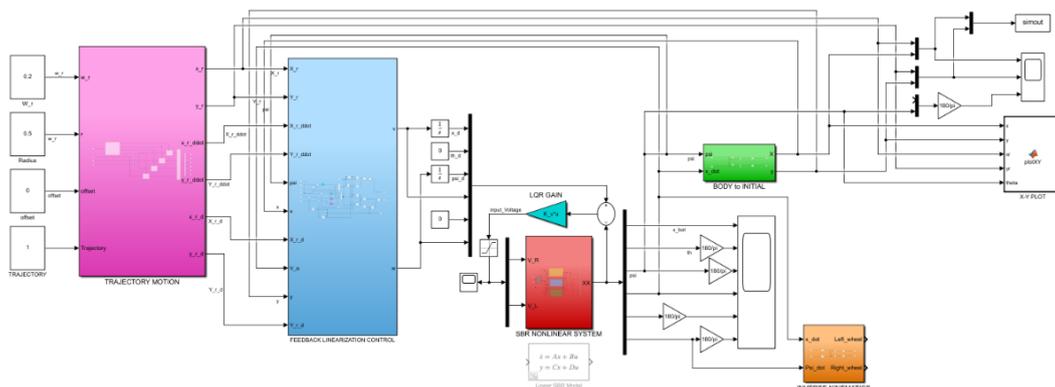


Рис. 1. Структурная схема имитационной модели

В данной имитационной модели используется двигатель постоянного тока в качестве привода. Управление двигателем осуществляется с помощью напряжения. Входом управления является напряжение двигателя. Имитационная система получает крутящий момент от двигателя и оценивает параметры динамики двигателя, следовательно входное напряжение является функцией крутящего момента. В качестве входных данных для управления скоростью используется комбинированное управление с обратной связью полного состояния DLQR регулятора, а также нелинейное управление траекторией для отслеживания желаемой траектории.

На рис. 2 представлена траектория движения мобильного робота.

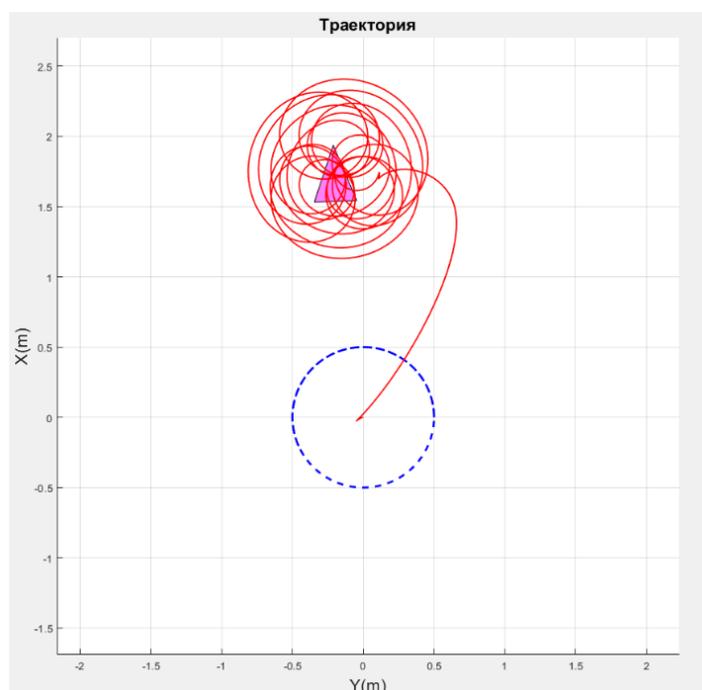


Рис. 2. Траектория движения мобильного робота

На графике 1 показана траектория движения транспортного робота. Синей пунктирной линией обозначена теоретическая заданная траектория. Красной непрерывной линией обозначена фактическая траектория движения мобильного робота.

Выводы

В данной программе приведен алгоритм на основе DLQR-регулятора. Матрицы системы и управления учитывают вращающий момент для управления моментом БДПТ. Проведено имитационное моделирование, которое подтверждает оптимальность алгоритма и его эффективность для управления БДПТ.

Список использованных источников и литературы

1. Герман-Галкин, С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – Санкт-Петербург : КОРОНА-Век, 2008. – 368 с. – ISBN 978-5-903383-39-9.
2. 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 машиноприборостроении. – 2020. – № 3 (11). – С. 28–38.
3. Афонин, В. В. Соотношение оптимальности в дискретной линейно-квадратичной задаче управления // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. – 2016. – № 2. – С. 16.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018660172. Российская Федерация. Компьютерная программа для систем управления электроприводами наведения крупного радиотелескопа на основе линейно-квадратичного гауссовского регулятора : 2018616621 заявл. 26.06.2018 : опубл. 17.08.2018 / Чан Х. Ф., Белов М. П. ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»). URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_39300559_64669015.PDF
5. Патент № 2680628 С2 Российская Федерация, МПК В25J 9/16, В25J 5/00. Всенаправленный колесный человекоподобный робот, основанный на контроллере положения и скорости с линейным позиционированием : № 2016144026 : заявл. 17.04.2015 : опубл. 25.02.2019 / Лафэ Ж., Гуайе Д., Вибер Пьер-Брис; заявитель СОФТБЭНК РОБОТИКС ЮРОП ЭНСТИТЮ НАСЪОНАЛЬ ДЕ РЕШЕРШ АН ЭНФОРМАТИК Э АН ОТОМАТИК. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41019168_97037484.PDF

A. A. Razzhivin, Master's Degree student, E-mail: komwap@yandex.ru

S. A. Trefilov, candidate of technical sciences, associate professor

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Simulation of a transport robot based on a DLQR controller in the Matlab Simulink

This article presents the results of the simulation model of a transport robot based on a digital linear-quadratic controller with state feedback for systems with discrete time and state space (DLQR controller), such as: modeling the state matrix, an example of the operation of a DLQR controller with visualization trajectory of the transport robot. The transport robot is an object with an installed brushless DC motor (BLDC motor), controlled by the electrical circuit of the H-bridge, and a stationary camera for orientation in space. The hypothesis of the scientific novelty of the main result is to increase the efficiency of the control system by switching from vector control to the theory of optimal control, since vector control is not optimal, using a DLQR controller. Currently, a previously known route is used to demonstrate the operation of the DLQR regulator. This decision was made to debug the simulation model.

Keywords: DLQR controller, BLDT, optimal control, simulation model.

В. Н. Русских, бакалавр, lerar564@gmail.com
И. А. Кайсина, канд. техн. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
В. С. Кузнецов, заместитель директора по инновациям
ООО «Беспилотные системы»

Рекомендации формирования датасета для обучения нейронной сети YOLOv4*

В статье рассмотрено создание датасета для дальнейшего обучения нейронной сети на идентификацию людей с борта беспилотного летательного аппарата (БПЛА) двумя способами. При первом способе разметки на изображениях размечаются только люди. При втором способе разметки размечаются все объекты, которые присутствуют на кадре. Приведены методики для создания двух датасетов, расписаны классы, на которые делились объекты на изображениях. При помощи двух полученных датасетов обучена нейронная сеть YOLOv4. В статье представлен результат работы двух нейронных сетей, показано сравнение их точности и полноты. Данный проект показывает, повысится ли точность нейронной сети, если ее научить не только находить объекты интереса, но и отличать их от других объектов. В публикации показаны ошибки, которые были зафиксированы в работе двух нейронных сетей и их обоснование.

Ключевые слова: нейронная сеть, YOLOv4, разметка, датасет, БПЛА.

Введение

На сегодняшний день часто в состав БПЛА входит программно-аппаратный комплекс с нейронными сетями. Нейронные сети и их развитие в беспилотной авиации является одним из самых прогрессивных направлений [1–3]. Благодаря нейронным сетям можно успешно и быстро искать необходимые объекты с минимальными затратами [4, 5]. При этом ошибка нейронной сети может нести большие проблемы или затраты для заказчика. Поэтому необходимо исключать любые возможные ошибки в работе нейронной сети. Одной из главных ошибок является принятие нейронной сетью одного объекта за другой.

Датасет является одним из главных факторов, от которых зависит точность нейронной сети [6]. При неправильно составленном датасете нейронная сеть может выдавать множество ошибок. Данная проблема очень актуальна для задачи детекции объектов со сложными фигурами. Опыт показывает, что нейронные сети склонны принимать одни сложные объекты за другие. Возможный способ исправления таких ошибок может заключаться в том, чтобы обучить

© Русских В. Н., Кайсина И. А., Кузнецов В. С., 2022

* Исследование выполнено по Договору 615ГРНТИС5/63369 от 03.12.2020 Фонд содействия инновациям.

нейронную сеть находить не только людей, но и отличать их от других объектов. Целью данного исследования является сравнение двух нейронных сетей, одна из которых будет обучена находить только людей, а вторая – различать каждый объект на изображении.

Формирование датасетов

Датасет создавался путем расстановки точек вокруг объектов интереса при помощи ПК Когнитрон, модуль разметки данных (разработчик АО «Концерн радиостроение «Вега») [7].

В качестве объекта интереса рассматривались люди, наибольшее внимание уделялось их действиям и позам. Видео, снятое с БПЛА, включало имитацию поведения людей в городских и полевых условиях.

Было смоделировано несколько сценариев:

- Люди ходят, бегают, сидят на скамейке.
- Люди прикрывают лицо телефоном, сумкой, бутылкой для воды или головным убором.
- Люди собираются в группы, один человек перекрывает другого.
- Человека перекрывает более крупный объект.

При разметке люди обводились при помощи четырехугольников и полигонов с указанием «центра» объектов, как показано на рис. 1.

При разметке программа ПК Когнитрон, модуль разметки данных самостоятельно отмечал точку центра. В случаях когда его координаты не соответствовали действительности, центр передвигался вручную. Оптимальным вариантом для центра был пояс человека, так как эта точка является равноудаленной от головы и ног.

Для исследования были проверены два способа создания датасета. Первый заключался в том, чтобы разметать на кадре исключительно людей, как показано на рис. 1.

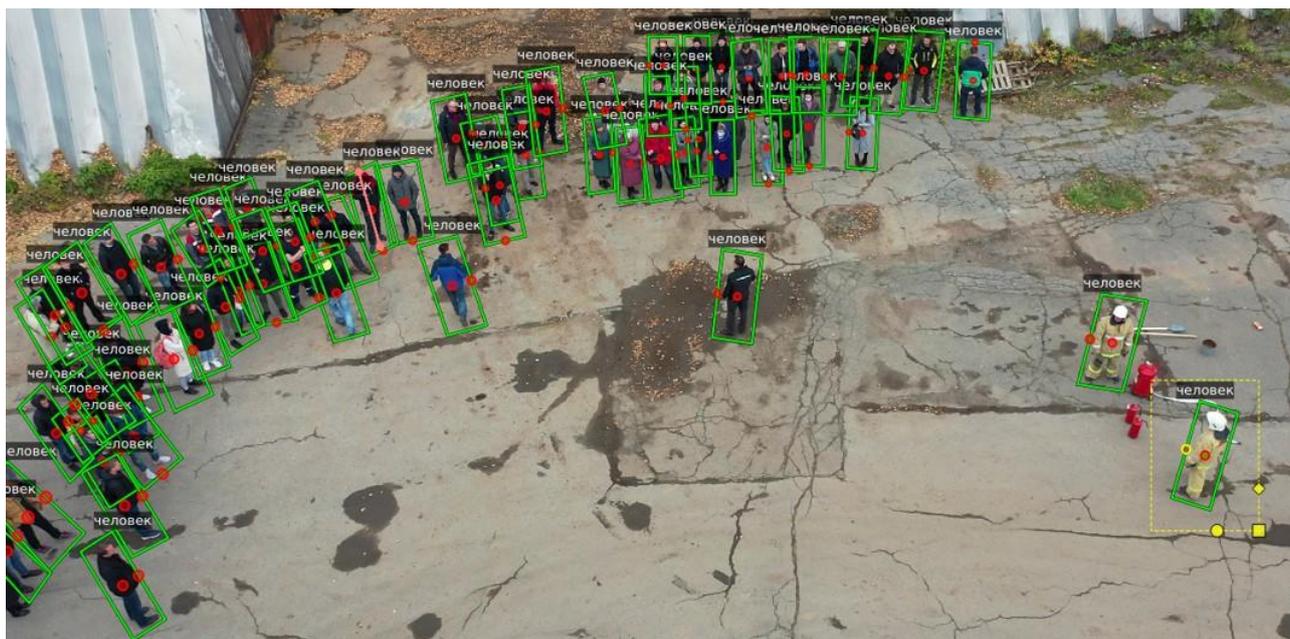


Рис. 1. Первый способ создания датасета

Для разметки были поставлены следующие условия:

- 1) Точка «нос» всегда указывала на направление движения объекта.
- 2) Объект выделялся только в том случае, если на изображении было видно более 70 %. Это необходимо для того, чтобы предотвратить переобучение сети.
- 3) Точка «центр» ставилась посередине объекта. «Центр» человека устанавливался на пояс.

Второй способ заключался в полном покрытии изображения разметкой, как показано на рис. 2.

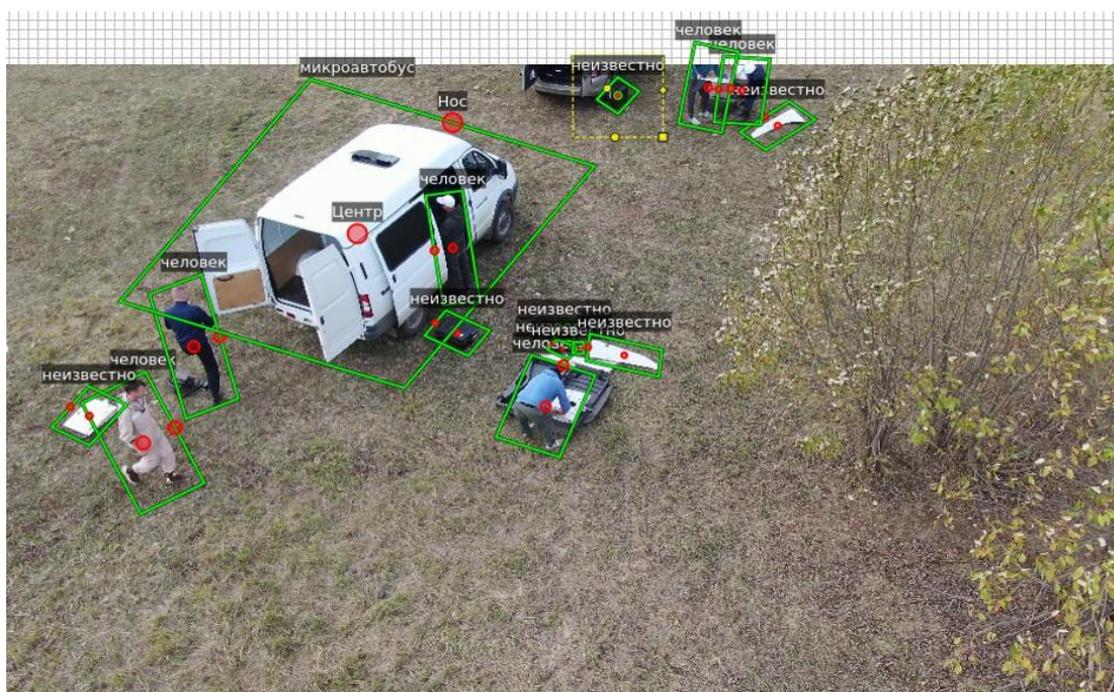


Рис. 2. Разметка кадров, снятых с полевой местности

Для обучения была использована нейронная сеть YOLOv4 ввиду высокой точности и открытого доступа.

Обучение нейронной сети по первому датасету

При первом опыте обучения нейронной сети результаты показали, что одни сложные объекты могут быть приняты за другие. Это показано на рис. 3, где нейронная сеть спутала такие сложные объекты, как человек и велосипед.

Такой результат показывает, что, несмотря на то что были учтены все позы, положения, телодвижения человека, нейронная сеть рискует ошибиться, если ее не обучить находить другие объекты.

В задачах обнаружения были использованы следующие статистические метрики:

- **точность** – показывает, какая доля выделенных объектов, действительно является положительной.
- **полнота** – показывает, какая доля положительных объектов была выделена относительно всех элементов.

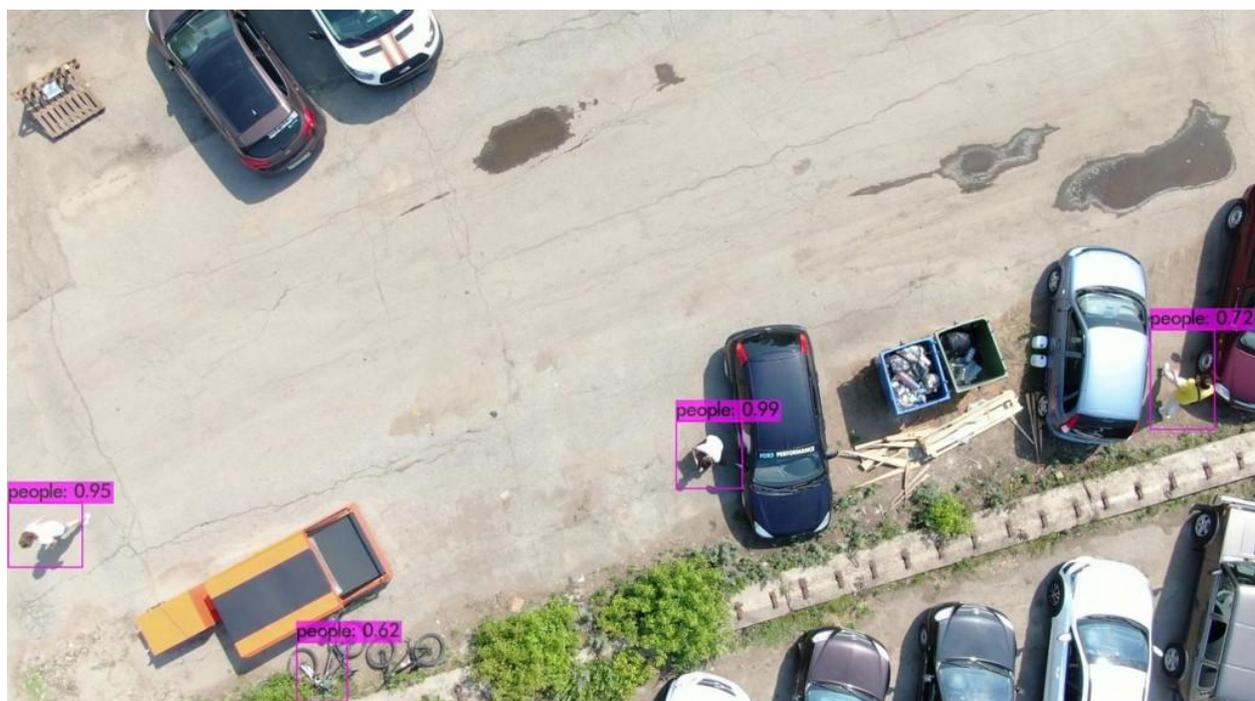


Рис. 3. Ошибка нейронной сети

В соответствии с формулами:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

где FN – ложно-отрицательное решение, количество объектов, которые ложно выделили; FP – ложно-положительное решение, количество объектов, которое пропустили; TP – истинно-положительное решение.

Для проверки точности и полноты, нейронной сетью было размечено 30 фотографий, на которых в совокупности было 317 людей. Из них нейронная сеть правильно определила 89 % людей, в 5 % люди были приняты за посторонний объект и в 6 % люди не были размечены.

Таким образом, были получены точность и полнота для обученной нейронной сети, которые рассчитывались по формулам (1) и (2):

$$FN=15,$$

$$TP=282,$$

$$FP=20,$$

$$Precision = \frac{282}{282 + 20} \sim 0,95 = 95\%,$$

$$Recall = \frac{282}{282 + 15} \sim 0,93 = 93\%.$$

Для улучшения этих результатов было принято решение обучить нейронную сеть видеть не только людей, но и иные объекты. Было решено размечать следующие объекты:

- люди;
- микроавтобусы;
- автомобили;
- все остальные объекты.

Предполагалось что данный подход поможет нейронной сети отличать одни сложные объекты от других. Датасет был составлен из кадров, снятых с беспилотного летательного аппарата, который снимал городскую и полевою местность с высоты 30 и 15 м.

Обучение нейронной сети по второму датасету

Для повторного обучения сети было в сумме размечено 317 кадров. В итоге получилось столько же файлов координат.

Нейронная сеть была обучена находить следующие типы объектов:

- человек;
- микроавтобус;
- автомобиль;
- неизвестно.

Под классом «неизвестно» отмечались объекты, которые нельзя было причислить ни к одному из первых трех типов. Особое внимание уделялось сложным объектам, которые могли бы быть приняты за человека.

Для тестирования нейронной сети представлена фотография, аналогичная рис. 1, но размеченная при помощи новой нейронной сети.

На рис. 4 видно, что была исправлена ошибка с принятием человека за велосипед. Но при этом координаты для одного человека были поставлены неточно. Это может быть следствием того, что нейронная сеть не была обучена до конца из-за большого количества классов и недостаточной мощности оборудования.

Для определения характеристик полноты и точности, при помощи нейронной сети было размечено 435 объектов. Из них правильно размечено 95 % объектов, в 4 % объекты были приняты за посторонние объект и в 1 % не были размечены.

Таким образом, были получены точность и полнота для обученной нейронной сети, которые рассчитывались по формулам (1) и (2):

$$FN=23,$$

$$TP=413,$$

$$FP=9,$$

$$Precision = \frac{413}{413 + 9} \sim 0,978 = 98\%,$$

$$Recall = \frac{413}{413 + 23} \sim 0,947 = 95\%.$$

По сравнению с прошлым результатом точность возросла на 3 %, а полнота на 1 %.

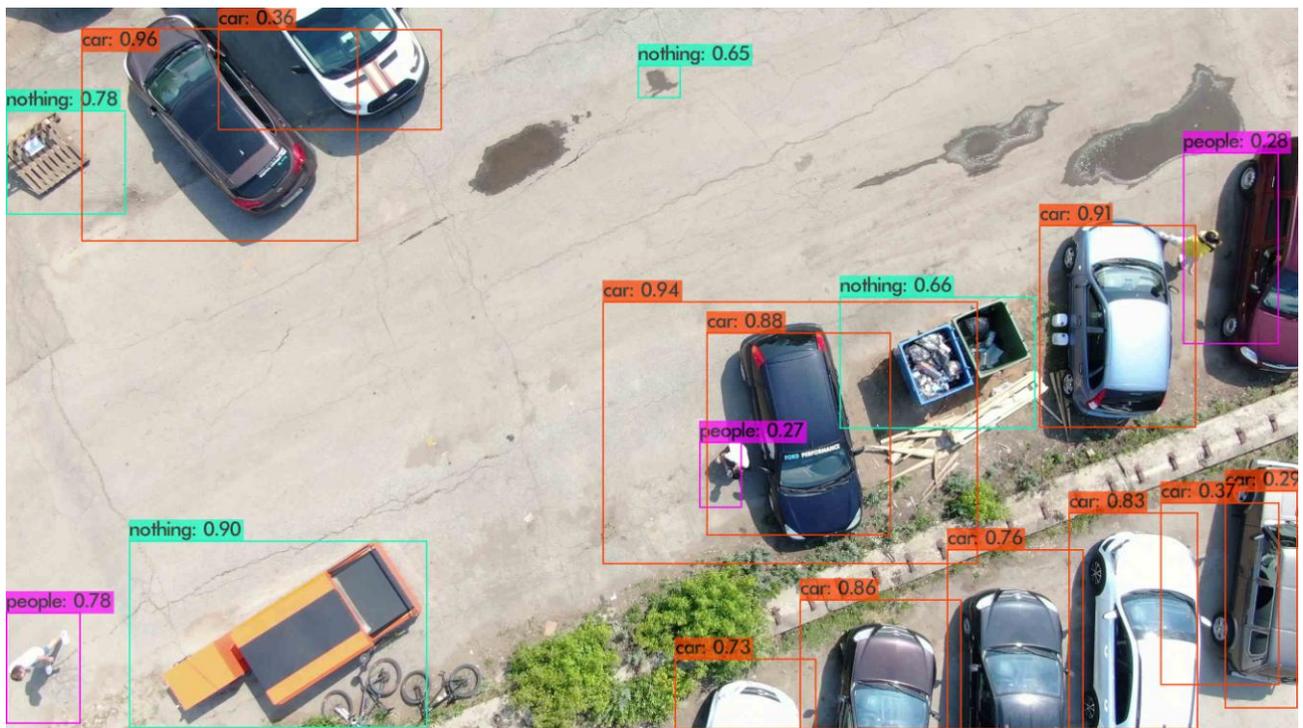


Рис. 4. Анализ новой нейронной сети

Заключение

В статье был представлен опыт создания двух датасетов, при помощи которых обучалась нейронная сеть. По результатам можно сделать вывод, что нейронная сеть совершает гораздо меньше ошибок, если ее обучить находить не только объекты интереса, но и другие объекты. Особое внимание необходимо уделить тем объектам, которые визуально похожи с объектом интереса или имеют сложную форму.

Список использованных источников и литературы

1. *Ознамец, В. В.* Геомониторинг на транспорте с использованием БПЛА / В. В. Ознамец // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – Т. 2, № 1(5). – С. 43–53.
2. *Федосеева, Н. А.* Перспективные области применения беспилотных летательных аппаратов / Н. А. Федосеева, М. В. Загвоздкин // Научный журнал. – 2017. – № 9 (22). – С. 26–29.
3. *Эпов, М. И.* Применение беспилотных летательных аппаратов в аэрогеофизической разведке / М. И. Эпов, И. Н. Злыгостев // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2012. – Т. 2, № 3. – С. 22–27.
4. *Машинное обучение в медицине: эволюция и перспективы / А. Ф. Файзрахманов, Д. С. Тузанкин, М. Л. Шустрова, Н. А. Староверова // Южно-Сибирский научный вестник. – 2021. – № 4(38). – С. 43–49. – DOI 10.25699/SSSB.2021.38.4.010.*
5. *Третьяк, А. Я.* Применение искусственных нейронных сетей для определения поломок резцов буровых долот / А. Я. Третьяк, А. В. Кузнецова, К. А. Борисов // Вестник молодежной науки России. – 2019. – № 5. – С. 5.
6. *Новосельцев, В. А.* Исследование влияния предварительной обработки изображений на скорость обучения и качество распознавания нейронной сети / В. А. Новосельцев, А. Н. Тушев // Программно-техническое обеспечение автоматизированных

систем : Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Барнаул, 09 ноября 2018 года / под ред. Л.И. Сучковой. – Барнаул : Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2018. – С. 175–182.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021615426 Российская Федерация. «Программа подготовки данных и обучения нейронных сетей» (Программный комплекс «Вега-Когнитрон») : № 2021610528 : заявл. 12.01.2021 : опубл. 07.04.2021 / П. П. Вырлан, Н. Ю. Кожанов, А. В. Крюков ; заявитель Акционерное общество «Концерн радиостроения «Вега».

V. N. Russian, Bachelor, lerar564@gmail.com

I. A. Kaisina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

V. S. Kuznetsov, Deputy Director for Innovation of Unmanned Systems LLC
IzhGTU named after M. T. Kalashnikov

Recommendations for the formation of a dataset for training the Yolov4 neural network

The article considers the creation of a dataset for further training a neural network to identify people from an unmanned aerial vehicle (UAV) in two ways. With the first marking method, only people are marked on the images. With the second marking method, all objects that are present on the frame are marked. Techniques for creating two datasets are given, the classes into which the objects in the images were divided are described. Using the two datasets obtained, the Yolov4 neural network was trained. The article presents the result of the work of two neural networks, shows a comparison of their accuracy and completeness. This project shows whether the accuracy of a neural network will increase if it is taught not only to find objects of interest, but also to distinguish them from other objects. The publication shows the errors that were recorded in the work of two neural networks and their justification.

Keywords: neural network, Yolov4, markup, dataset, UAV.

К. И. Салихова, бакалавр, karina.salikhova.99@mail.ru
А. В. Седова, канд. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Архитектура и социальные функции современной библиотеке при университете

В современном мире библиотеки переживают глобальные перемены как в образовательной сфере, так и в социальной. Данная статья посвящена проблеме заинтересованности нового поколения в посещении библиотек. Целью работы является ответ на вопрос, как должна выглядеть современная библиотека высшего учебного заведения и какие функции она должна в себя включать в соответствии с новыми требованиями организации библиотечного пространства. Проанализированы новейшие тенденции проектирования библиотек в архитектурной и дизайнерской среде. Также статья включает вопросы об отделке и мебели в интерьерах пространств библиотеки. Рассмотрен вариант реконструкции или надстройки нового здания в условиях существующей промзоны (на примере многофункционального комплекса Città del Sole).

Ключевые слова: архитектура, библиотека, социокультурное пространство, функции, интерьер.

Библиотека в современном мире

Библиотека – учреждение, собирающее и осуществляющее хранение произведений печати и письменности для общественного пользования, а также ведущее справочно-библиографическую работу. На сегодняшний день проблема заинтересованности нового поколения в посещении библиотек очень актуальна. Библиотеки переживают существенную трансформацию для удержания читателей и привлечения новых.

Как бы ни разобщали нас современные компьютерные технологии и неостановимый информационный поток, конструктивный диалог и сотворчество остаются самыми созидательными формами взаимодействия людей друг с другом, и главная задача проектируемых сегодня современных библиотек – создать для этого максимально разнообразные возможности [1].

Архитектура, будучи олицетворением социального явления, переживает значительные перемены [3]. Роль информации в жизни людей значительно возрастает, и, таким образом, исследования в области архитектурного формирования объектов, связанных с информационными услугами, приобретают особую актуальность [4]. Отдельного внимания заслуживает проектирование и строительство зданий библиотек.

Актуальные пространства для библиотеки вузов

В современном мире библиотеки высших учебных заведений стремятся соответствовать всем самым передовым требованиям для обслуживания и удовлетворения всех потребностей читателей. Появляется необходимость в создании нового информационного пространства, которое будет сильнее привлекать современного человека.

На данный момент основная функция библиотеки – это не только служить в качестве хранилища знаний, но и являться центром общения и интеллектуального развития студентов. Именно поэтому новый формат библиотеки нуждается в создании соответствующей архитектурной среды.

В настоящее время библиотека представляет собой взаимодействие знаний, современных технологий, лаконичного дизайна и коммуникации между людьми. В основном это комфортные высокотехнологичные пространства, включающие в себя функции коворкинга (принцип организации труда, при котором сотрудники разных компаний работают в едином открытом пространстве, что способствует формированию общих интересов и культуры), ориентированные на личность и подстраивающиеся под ее потребности, и где само здание – это высокотехнологическая оболочка для информационного содержания. Кроме того, происходит все более активное внедрение высоких технологий в образовательный процесс, а это накладывает определенный отпечаток на построение библиотечного пространства.

Библиотека как место встречи

С бурным внедрением в нашу жизнь цифровых технологий и постепенным вытеснением чтения из числа обязательных занятий среднестатистического горожанина библиотеки как раз и развиваются в сторону пространств для общения, неформальных встреч и совместного – в идеале образовательного – досуга [3].

Одним из самых известных европейских примеров такого рода учреждения является открытая библиотека Амстердама (рис. 1), построенная в 2007 году по проекту архитектора Йо Кунена. Она официально признана самой посещаемой культурной достопримечательностью столица Нидерландов.

Общая площадь – 28 000 м²; здание, внешне напоминающее стеклянный куб, расчерченный на аккуратные квадраты деревянными переплетами окон и заключенный в эффектную бетонную раму, насчитывает 8 этажей, на которых помимо общедоступной коллекции книг и журналов разместились театр, игровые комнаты, залы мультимедиа, а также ресторан с панорамной террасой, откуда открывается прекрасный вид на Амстердам.

Пользование библиотекой бесплатно, открыта она каждый день с раннего утра до позднего вечера, что, в сочетании с невероятной многофункциональностью, и делает ее столь популярной.

Пространства для разнообразных функций

Начиная со своих корней XVIII века как места для самосовершенствования, библиотека является физическим местом, где взаимодействуют как сотрудники библиотеки, так и сообщество [3].

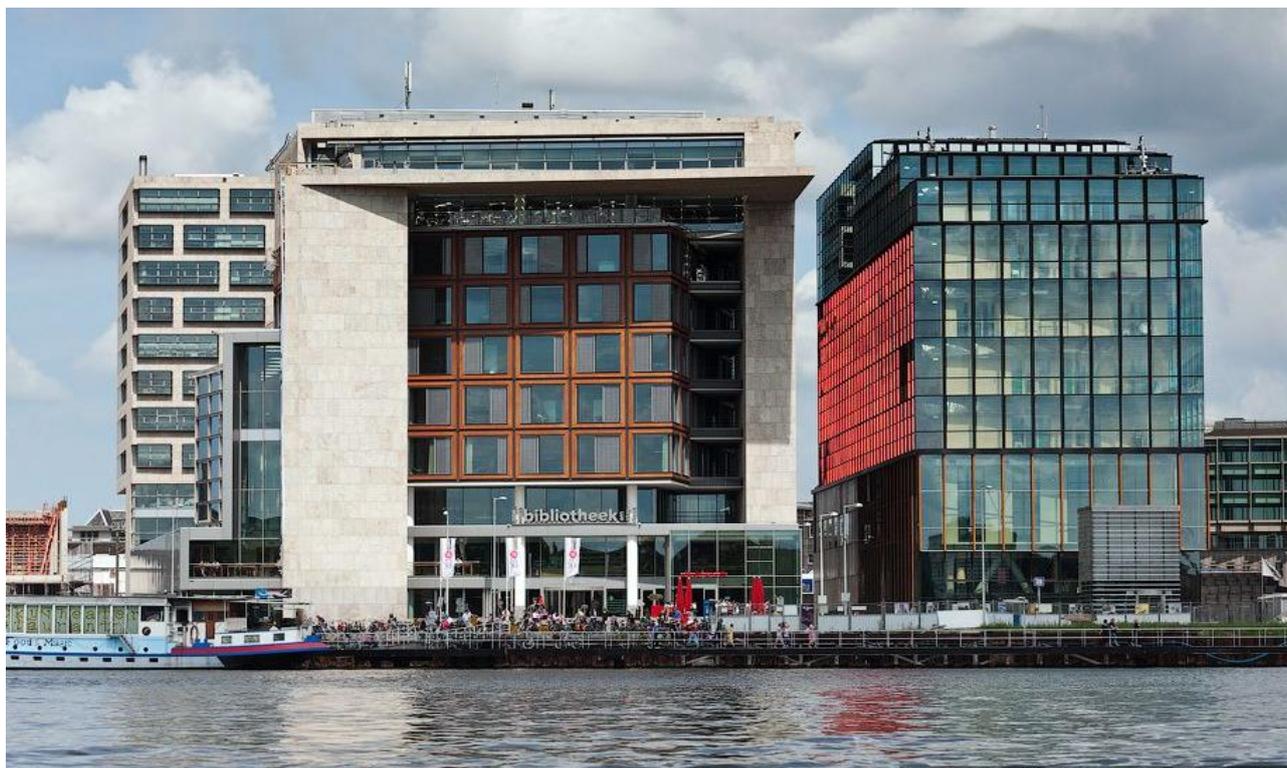


Рис. 1. Публичная библиотека Амстердама

Новые или переосмысленные библиотеки часто фокусируются на предоставлении возможностей для широкого спектра расширенных программ для всех возрастов.

Программные залы различных размеров и возможностей, а также неформальные пространства, такие как зоны отдыха и даже кафе, должны быть включены в процесс планирования. Гибкость и адаптивность в планировании этих помещений имеют первостепенное значение.

Библиотеки в содружестве включают в себя мастерские, художественные галереи, бизнес-инкубаторы, демонстрационные кухни, помещения для производства аудио/видео и многие другие специализированные программные области.

Пространства, выходящие за рамки традиционных, требуют пристального внимания к необходимым кадровым ресурсам, оборудованию и финансированию. Необходимые инвестиции в инфраструктуру, такие как мощная проводка или вытяжка для специализированных инструментов или оборудования, должны быть сбалансированы с учетом для долгосрочной гибкости пространства [4].

Исходя из многочисленных опросов работники библиотек, а также потенциальные читатели часто указывают на необходимость большего количества разнообразных помещений для встреч и собраний, а также для совещаний, поскольку пользователи интегрировали новые помещения в свои повседневные дела.

Пример продуманного функционала – проект архитектурного бюро «Снехетта» библиотека университета Темпл в США (рис. 2, 3). При перемещении людей по зданию, визуальная и физическая связь позволяет им сохранять свои

ориентеры и поощряет использование всех ресурсов здания. У основания главной лестницы универсальная служба обслуживания обеспечивает первый интерфейс между библиотечным персоналом и студентами и облегчает их доступ к библиотечной коллекции.

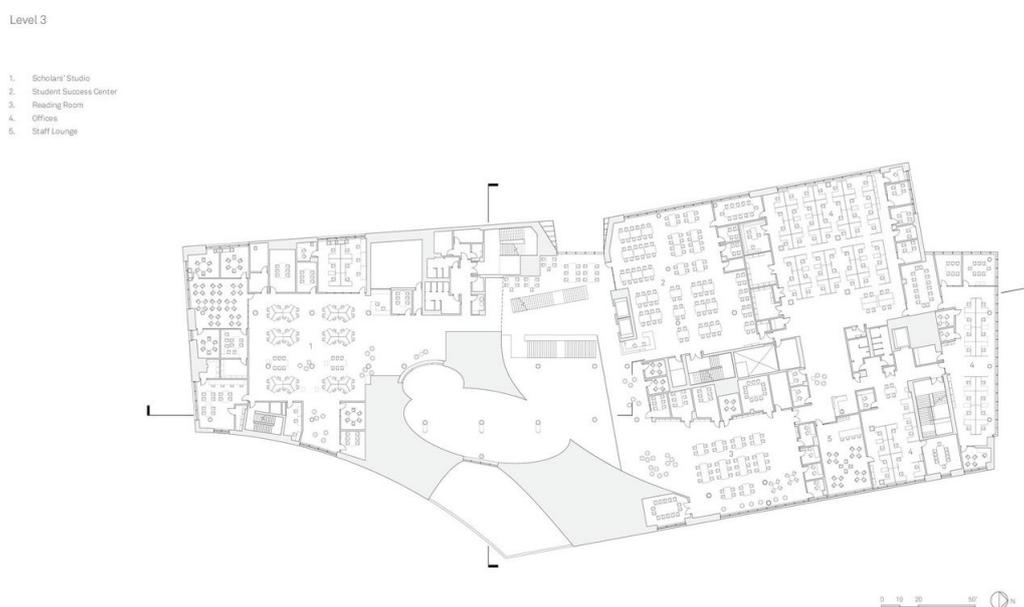


Рис. 2. План 3-го этажа библиотеки университета Темпл



Рис. 3. Интерьеры библиотеки университета Темпл

«Значительно сокращая пространство, необходимое для хранения книг, а также расширяя доступ к коллекции библиотеки, BookBot позволяет увеличить пространство для совместного обучения, академических ресурсов и индивидуального учебного пространства» [2].

Гостеприимные и открытые пространства

Библиотеки играют все более важную роль в качестве свободного публичного пространства, где все члены сообщества могут получить доступ к информации, встречаться, учиться и работать.

Библиотека – редкое место, где люди, скорее всего, естественным образом столкнутся с членами своего сообщества, принадлежащими к другой расе, возрастной группе или уровню дохода.

Новые библиотеки, как правило, создают эту уютную обстановку, подчеркивая открытость в дизайне помещений. Одним из аспектов этого дизайнерского стимула является использование высоты потолков, естественного освещения, широких открытых пространств и панорамных видов, чтобы дать пользователям библиотеки представление об их месте в здании и их пространственных отношениях с другими пользователями.

Хороший обзор и преуменьшение стереотипов, подкрепленных традиционной тяжелой библиотечной мебелью и светильниками, могут помочь создать среду, которая будет привлекательной даже для тех, кто никогда раньше не заходил в библиотеку.



Рис. 4. Центральная библиотека в Калгари, Канада

В центральной библиотеке в Калгари (рис. 4) открытые просторные амфитеатры, расположенные на террасах, помогают обеспечить достаточно мест для сидения людей, а также библиотечных программ, выходящих на улицу. Зеленые насаждения, которые ссылаются на местный ландшафт, привлекают горы в городской пейзаж и выстилают окружающие улицы площади осинами [2].

В библиотеке Ханта в США (рис. 5) многоуровневые и открытые пространства объединяют все этажи библиотеки между собой, а открытые лестницы показывают значимость коммуникативной и социальной среды среди учебных и образовательных зон.

Внутренние пространства сформированы прочными материалами. Уникальные и яркие деревянные лестницы помогают читателям данной библиотеки лучше ориентироваться внутри здания.

Цифровые и печатные ресурсы

Поскольку природа информации эволюционировала и действительно взорвалась в цифровую эпоху, вопросы о том, какие книги, предметы и носители собираются и как посетители получают к ним доступ, продолжают приводить к изменениям в планировании и дизайне библиотек.

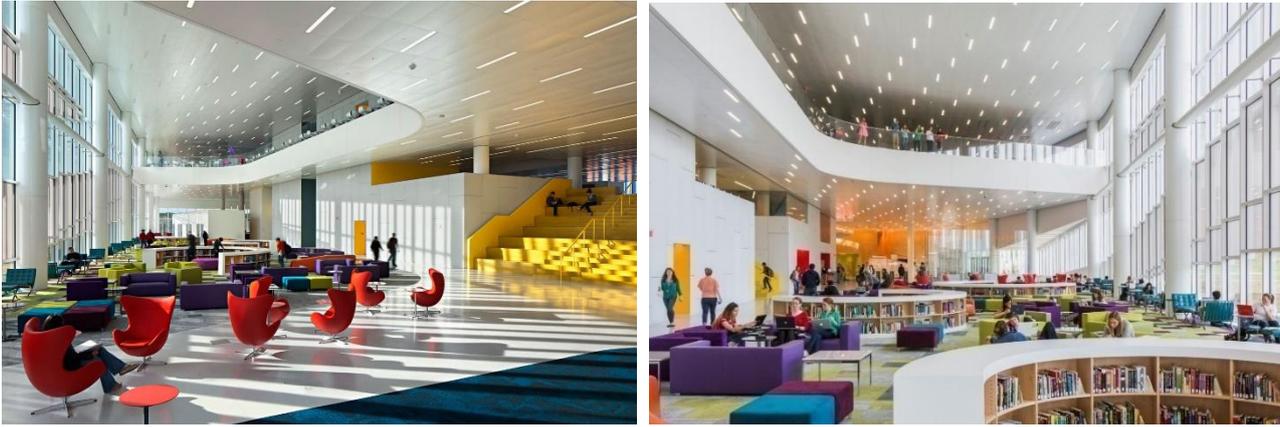


Рис. 5. Библиотека Ханта, США

Полный охват этой темы выходит за рамки данного исследования, но мы предлагаем следующие соображения ниже библиотекам, которые ищут способы “правильного размера” своих коллекций.

Не существует магического числа или формулы для определения размера сбора пропорционально обслуживаемому населению или размеру физического объекта.

Каждая группа общества отличается от других, и для того, чтобы служить своему сообществу, каждая коллекция публичной библиотеки отличается.

Отделка и мебель

Отделка и мебель в библиотеке оказывают огромное влияние на ощущение и использование пространства. При выборе или замене мебели или внутренней отделки необходимо учитывать следующее:

1. Обеспечить множество различных типов сидячих мест для размещения людей всех размеров и способностей

2. Использовать одинаковые цвета и отделку для определения пространств, таких как детская зона. Определенное количество визуальных изменений (например, несколько цветов одного и того же складного стула) может сделать будущие ремонты и замены менее заметными.

3. Подумать о том, как сделать смелые эстетические или цветовые решения с использованием материалов, которые относительно легко изменить (таких как краска и обивка мебели), и сделать более вневременной выбор в пользу более долговечных материалов, таких как напольное покрытие.

4. Предвидеть последствия неизбежного износа до окончательного выбора мебели: деревянная мебель сохраняет свое состояние, даже если древесина поцарапана и помята, в то время как пластиковый ламинат со временем становится не таким прощающим.

5. При выборе отделочных материалов для мебели учитывать их долговечность с точки зрения устойчивости к разливам и пятнам, а также антимикробные свойства, а также производительность при стандартном испытании на истирание.

В публичной библиотеке в Пингтунга (рис. 6), используя форму, материалы, цвета и социокультурные значения, новый вестибюль представляет собой современную интерпретацию жилищ аборигенов «Каменных плит» Пингтунга.



Рис. 6. Интерьеры публичной библиотеки в Пингтунга, Тайвань

Использование натуральных материалов, современной мебели и стеклянных перегородок помогает привнести в библиотеку текучесть, прозрачность и ощущение близости [2] (рис. 7).

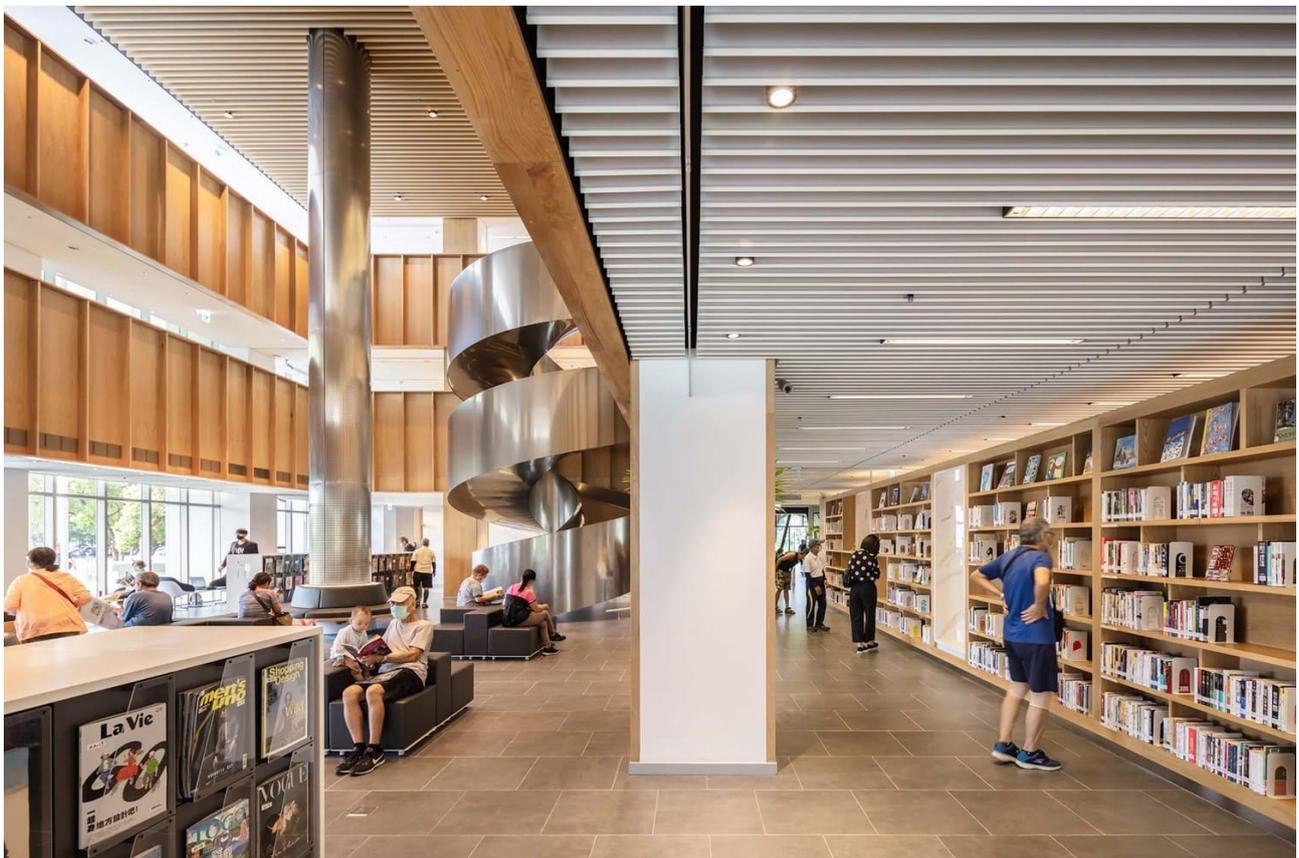


Рис. 7. Читальный зал публичной библиотеки в Пингтунга, Тайвань

Вариант реконструкции или надстройки нового здания

Адаптация исторического здания может быть невероятно полезной, в результате чего получится библиотека с удивительно уникальным характером и сохранением здания для будущих поколений. Хотя трудно делать обобщения об исторических сооружениях, следующие соображения являются хорошим нача-

лом для начала процесса определения того, что потребуется для обновления или повторного использования существующего здания.

Очень важно, что обновление существующего здания обычно оказывает гораздо меньшее воздействие на окружающую среду, чем строительство нового.

Наконец, даже небольшие изменения в исторических зданиях должны включать архитектора или дизайнера, знающего архитектуру эпохи этого здания, чтобы убедиться, что изменения соответствуют основному характеру здания. Профессиональная оценка состояния и функциональности любого исторического здания является хорошей инвестицией при рассмотрении вопроса о реконструкции или расширении.



Рис. 8. Città del Sole Город солнца Многофункциональный комплекс

Проект регенерации бывшей промзоны рядом с вокзалом Тибуртина начался с реализации многофункционального комплекса Città del Sole (рис. 8), где все первые этажи отданы под общественные функции: магазины, кафе, благоустроенные общедоступные лаунжи и публичную библиотеку. Идея заключается во вмешательстве в городскую регенерацию, направленном на создание новой центральной части [1].

Вывод

При проектировании новых социальных пространств необходимо учитывать все современные тенденции и особенности. В современной библиотеке университета важно иметь возможность не только получать образовательную функцию, но и иметь возможность заниматься работой, учебой, посещать культур-

ные мероприятия и общаться. Также важно иметь большие и открытые пространства, связывающие все пространства воедино, тем самым указывая на социальную и коммуникативную функцию в приоритете.

В данной статье сформулировано 5 принципов при выборе отделки и мебели. Разнообразное и обдуманное решение в отделке поверхностей и выборе мебели позволяет обеспечить библиотеку разнообразием помещений.

Также рассмотрен вариант реконструкции или надстройки нового здания в условиях существующей промзоны. Таким образом, сохраняя важную историческую застройку, могут создаваться социальные пространства, придание новой жизни и нового смысла старым и уже не востребованным зданиям.

Университеты нуждаются в пространстве, которое будет являться социальным ядром, объединять студентов разных факультетов и интересов, и именно правильно спроектированная библиотека может являться таковым.

Список использованных источников и литературы

1. Анна Мартовицкая, Общественные центры // Speech. – 2018. – № 21. – С. 27, 36, 37.
2. Archi.ru, «Центральная библиотека Калгари». – URL: <https://archi.ru/projects/world/8750/centralnaya-biblioteka-kalgari> (дата обращения 07.04.2022).
3. Черненко, Г. Н. Формирование среды современных университетских библиотек / Г. Н. Черненко, Н. А. Моргунов // Проблемы общества и архитектуры : сб. ст. и тез. сообщений междунар. науч.-практ. конф. / Ин-т архитектуры и искусств Южного федер. ун-та. – Ростов н/Д., 2010. – С. 112–115.
4. Черненко, Г. Н. Влияние современных социальных функций на архитектуру университетских библиотек / Г. Н. Черненко // Миссия молодежи в науке : материалы науч.-практ. конф. на базе Южного федерального университета, 30 нояб. 2010 г. / Южный федер. ун-т ; редкол. А. С. Тарадин и [и др.]. – Ростов н/Д., 2010. – С. 259–261.

K. Salikhova, bachelor student

A. V. Sedova, PhD, Assistant Professor

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Architecture and social functions of modern university libraries

Today, global changes are taking place both in the educational and social spheres in the majority of the world's libraries. This article aims to research the problem of the new generation's interest in visiting libraries. The aim of the work is to answer the question of how a modern library of a higher educational institution should look like, and what functions it should set up in itself in accordance with the requirements for organizing a biotech space. The modern design of the library in the architectural and design environment is analyzed. The article also includes questions about the department and furniture in the interiors of spaces, and what should be collected in print, what is better to take using digital resources. Option for the reconstruction or addition of a new building in an industrial area (based on the mixed-use complex Città del Sole).

Keywords: architecture, library, socio-cultural space, functions, interior.

Д. И. Самохвалова, студент, dashka.samokhvalova@icloud.com
Ю. В. Ложкин, канд. техн. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Способ индивидуализации дизайна интерьера комнаты на примере модульного светильника «Light module»

В данной статье описан способ решения проблемы индивидуализации интерьера комнаты на примере светильника, имеющего большое количество вариантов сборки, которые обеспечиваются с помощью модулей, вращающихся вокруг оси рассеивателя света. Изменяя конфигурацию модулей, можно менять вид светильника на более динамичный или статичный. При этом меняется и направление освещения: свет можно сделать направленным или рассеянным, а также с помощью света можно подсветить определенную область комнаты. Эти приемы влияют на восприятие интерьера человеком, например: рассеянный свет создает расслабленную обстановку, а направленный свет отлично подходит для работы или чтения. Также преимуществом данного светильника является и то, что он снабжен умной светодиодной лентой, которая управляется дистанционно и имеет различные режимы работы.

Ключевые слова: модульный светильник; промышленный дизайн; индивидуализация интерьера комнаты; модульная система; разнонаправленный свет, система «умный свет».

Залогом формирования комфортных условий для деятельности и отдыха человека является грамотное освещение помещения. Проектирование осветительных приборов – важная тема в современной светотехнической промышленности.

В современном мире остро встает проблема индивидуализации жилища. С совершенствованием дизайна интерьера возрастают требования к приборам для освещения [3]. В условиях стандартного строительства, когда архитектурные решения квартир мало различаются, настольный светильник как один из важных компонентов оборудования декора является не только инструментом утилитарного освещения, но и средством дифференциации интерьера комнаты, повышения его комфортабельности, создания домашнего уюта.

Модульные, «подвижные» осветительные приборы обладают большим количеством достоинств: с их помощью можно создать общее освещение либо подсветить определенное место, дают возможность решать многие проекторочные задачи, не теряя при этом функциональность, имеют лаконичный внешний вид [1].

Для создания настольного светильника были сформулированы следующие задачи: решить проблему индивидуализации интерьера комнаты посредством

разработки художественного образа настольного светильника с возможностью разнонаправленного света, а также описать способ проектирования с помощью 3D-моделирования.

Портрет потребителя данного светильника: женщины и мужчины 20–50 лет, предпочитающие минималистичный дизайн.

Особенности проектирования светильника «Light module»

В качестве прототипа проектируемой модели была выбрана винтовая лестница, а аналог изображен на рис. 1.



Рис. 1. Аналог модульного светильника

На рис. 1 изображен светильник достаточно интересной формы, напоминающий классическую лампу. Этот светильник очень хорошо подходит к концепции разрабатываемого светильника, но данная форма не отвечает современным тенденциям, ее будет трудно вписать в какой-либо интерьер. Отверстие, из которого исходит свет, взято за основу модульного светильника.

На рис. 2 представлена модель «Light module».



Рис 2. Модульный настольный светильник «Light module»

Сущность работы проектируемого модульного светильника состоит в том, что на цилиндрический рассеиватель (рис. 3), изготовленный из АБС-пластика, последовательно устанавливаются модули (рис.3), также изготовленные из АБС-пластика. Эти модули предварительно обклеены декоративными прямоугольниками из латуни Л68 и дубового шпона. Эти прямоугольник нарезаются заранее и шлифуются, у латуни же следует зашлифовать острые кромки во избежание порезов. Рассеиватель света устанавливается на основание лампы

(рис. 3), которое заранее обклеено декоративными элементами из дубового шпона и латуни Л68. Установка модулей с зазором обеспечивает их свободное вращение вокруг оси пластикового цилиндра. На верхнем модуле и верхней части рассеивателя нарезана резьба, которая фиксирует эти модули в заданном положении. Эти типы соединений обеспечивают прочность конструкции, но при этом не мешают вращению. А также не дают модулям «выпасть».

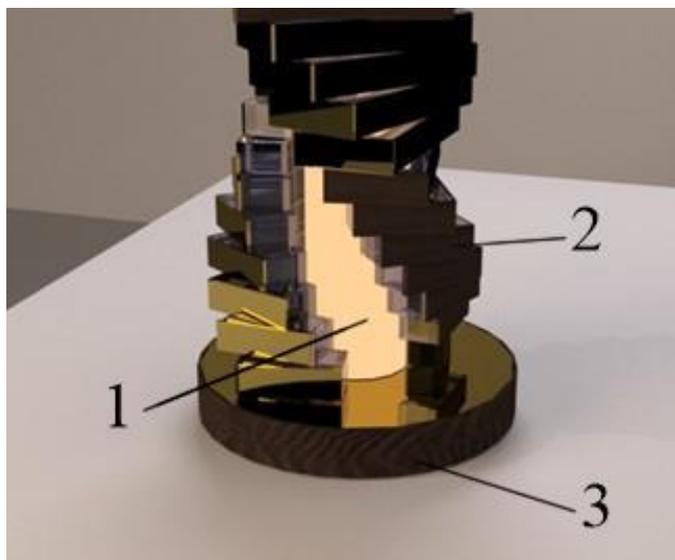


Рис 3. Составляющие настольного светильника:
1 – рассеиватель, 2 – модуль, 3 – основание

К материалам, используемым при проектировании данного светильника, предъявляются повышенные требования к прочности, износостойкости, легкости обработки, необходимые для изготовления. В предложенном светильнике используются 3 различных материала: древесный шпон, листы латуни, АБС-пластик.

Для декоративных элементов светильника используется дубовый шпон (рис. 4). Шпон – это листы древесины, нарезаемые с помощью широкого ножа. Пластины из дубового шпона приклеиваются к модулям и основанию лампы с помощью эпоксидного клея «Permatex Super Glue». Выбор клея обоснован тем, что он не выделяет вредных веществ, а также хорошо склеивает пористые материалы и пластик.

Еще одним материалом для декоративных элементов была выбрана латунь Л68 (рис. 4). Она имеет отличные эстетические качества, хорошо поддается обработке и имеет невысокие экономические показатели.

Из АБС-пластика изготовлено основание лампы, рассеиватель света и основания модулей (рис. 4). Детали изготовлены методом литья пластика в формы под давлением. Материал АБС-пластик безопасен для человека, устойчив к деформациям, прост в уходе, а также имеет отличные экономические показатели.

В проектировании светильника необходимо чтобы современными и технологичными были не только материалы изготовления, но и элементы освещения. В конструкции лампы используется светодиодная лента «Sber SBDV-00033»,

изображенная на рис. 5 [4]. Также возможно применение для освещения других светодиодных лент длиной не более 2 метров. У светодиодной лампы очень много преимуществ. К преимуществам светодиодных лент относится экономичность, отсутствие вредных компонентов, устойчивость к внешним воздействиям [2]. Системы освещения на базе LED-технологий легко программируются и могут управляться напрямую или в удаленном режиме.

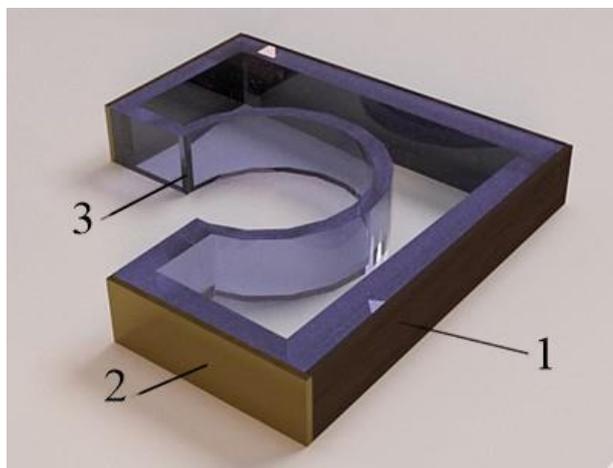


Рис. 4. Применяемые материалы:
1 – дубовый шпон, 2 – латунь Л68, 3 – АБС-пластик

Для дистанционного управления лентой понадобится приложение Салют, смарт-дисплей SberPortal, приставка SberBox или другое устройство с ассистентами Салют. С помощью приложения или голосовой команды светодиодная лента имеет возможность: включиться, выключиться, поменять цвет, яркость, цветовую температуру, насыщенность.



Рис. 5. Умная светодиодная лента «Sber SBDV-00033»

Данная лента имеет хорошие технические характеристики по сравнению с аналогами: низкое энергопотребление, малая потребляемая мощность, большой диапазон цветовых температур, отсутствие видимой пульсации, которая вредит здоровью и деятельности человека.

Подробнее с устройством светильников можно ознакомиться в материале патента Д. А. Левченко «Светодиодный светильник» по нижеуказанной ссылке (<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39536205>) [5].

В программе КОМПАС 3D был создан чертеж лампы в собранном состоянии (рис. 6). Данная лампа состоит из основания лампы, рассеивателя света, а также из 28 модулей, один из которых с внутренней резьбой. Внутри основания есть отверстие, предназначенное для вывода провода светодиодной ленты.

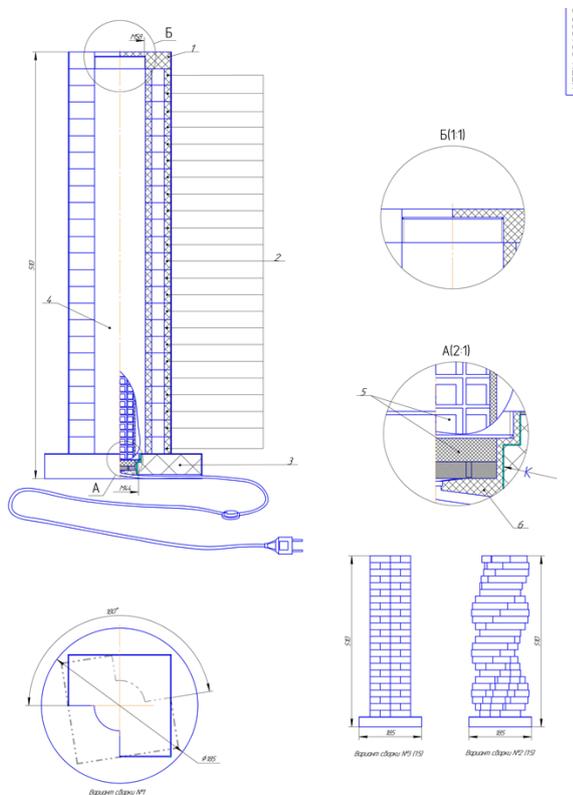


Рис. 6. Фрагмент чертежа настольного светильника «Light module»

Для более точного понимания формы и целостной композиции лампы была создана ее объемная модель в интерьере комнаты (рис. 7), а также возможные варианты сборки (рис. 8) в программе 3Ds Max.



Рис. 7. Настольный светильник в интерьере



Рис. 8. 3 варианта трансформации модулей светильника

На рис. 9 представлены 3 варианта смены освещения. С помощью перемещения модулей у светильника есть возможность изменить направление света, сделать его рассеянным, направленным и подсветить определенную область интерьера. На изображениях (рис. 9) отчетливо видно, что две из трех ламп создают приглушенное, рассеянное освещение, а одна из них светит точно в одном направлении. В этом и заключается возможность разнонаправленного света в модульном светильнике. Вариантов сборки данного светильника – неограниченное количество.

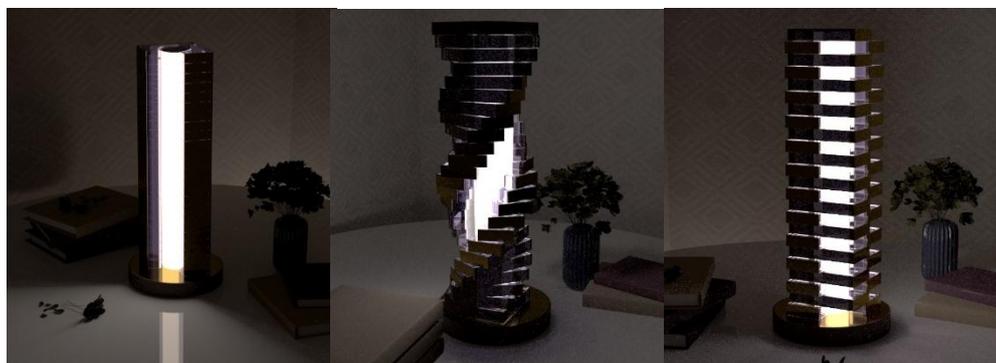


Рис. 9. Варианты рассеивания света в темное время суток при различных трансформациях

Анализируя рис. 9 можно сделать вывод, что данный модульный светильник не только является способом индивидуализации интерьера, но и выступает объектом персонализации, так как каждый человек может повернуть модули по личному усмотрению. На рисунках, представленных выше можно отследить то, что интерьер комнаты воспринимается по-разному исходя из положения светильника. С помощью модульности светильника есть возможность перенаправить поток света, что достаточно экологично, ведь светильник может выполнять сразу несколько функций, лишая проблему необходимости покупки дополнительного источника света.

Список использованных источников и литературы

1. Кроль, Ц. Е. Качество промышленного освещения / Ц. Е. Кроль, Е. И. Мясоедова, С. Г. Терешкевич. – Москва : Энергоатомиздат, 1991. – 224 с.
2. Майкл Байранзаде. Автоматическое изменение яркости светодиодов // Новости электроники. – 2009. – № 5. – С. 18–20.
3. Митина, Н. Дизайн интерьера. – Москва : Альпина Паблишер, 2013. – 302 с.
4. SBERDEVICES. Что умеет умная лента. Умный дом Sber. – URL: <https://sberdevices.ru/help/smarthome/led-strip-features> (дата обращения: 13.03.2022).
5. Патент на полезную модель № 191980 U1 Российская Федерация, МПК F21V 29/00. Светодиодный светильник : № 2018145002 : заявл. 19.12.2018 : опубл. 29.08.2019 / Д. А. Левченко; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «ИнтерЭкоТехнологии».

D. I. Samokhvalova, student, dashka.samokhvalova@icloud.com

Yu. V. Lozhkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kalashnikov Izhevsk State Technical University

A way to individualize the interior design of a room by the example of a modular lamp "Light module"

This article describes a way to solve the problem of individualizing the interior of a room by the example of a lamp having a large number of assembly options, which are provided by modules rotating around the axis of the light diffuser. By changing the configuration of the modules, you can change the appearance of the lamp to a more dynamic or static one. At the same time, the direction of lighting also changes: the light can be directed or diffused, and also with the help of light, you can illuminate a certain area of the room. These techniques affect the perception of the interior by a person, for example: diffused light creates a relaxed atmosphere, and directional light is great for work or reading. Also, the advantage of this lamp is that it is equipped with a smart LED strip, which is controlled remotely and has different operating modes.

Keywords: modular lamp; industrial design; individualization of the room interior; modular system; multidirectional light, smart light system.

П. А. Санников, магистрант, pavel.sannikov2000@gmail.com
К. С. Кочуров, магистрант
П. В. Лекомцев, канд. техн. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Методика нахождения коэффициентов пропорционально-интегрального регулятора скорости вращения синхронного двигателя с постоянными магнитами

В статье рассмотрено моделирование электропривода на основе трехфазного синхронного электрического двигателя с постоянными магнитами с четырьмя парами полюсов. Методом регрессионного анализа получены факторные модели оптимальных коэффициентов пропорционально-интегрального (ПИ) регулятора в контуре скорости для двигателя M-2310P-LN-04K при разных моментах сопротивления нагрузки и моментах инерции, приведенного к валу двигателя. Критерием оптимизации являлось время переходного процесса и величина перерегулирования при ступенчатом воздействии на регулятор. Анализ полученных зависимостей показал, что на пропорциональный и на интегральный коэффициенты регулятора скорости наибольшее влияние оказывает момент инерции нагрузки, в то время как момент сопротивления нагрузки практически не оказывает влияния на пропорциональный коэффициент, а на интегральный имеет более существенное влияние при малых моментах инерции нагрузки. Представленную методику получения регрессионных моделей коэффициентов регулятора на основе имитационного моделирования электропривода можно применять в адаптивных системах управления электроприводом, отвечающих требованиям максимальной точности и быстродействия.

Ключевые слова: синхронный двигатель с постоянными магнитами, ПИ-регулятор, оптимальные коэффициенты, контур скорости.

Введение

Синхронные двигатели с постоянными магнитами (СДПМ) широко распространены в промышленных решениях благодаря совокупности характеристик по сравнению с другими типами двигателей [1]. Наиболее эффективным способом управления СДПМ является алгоритм векторного управления [2].

Параметры регулятора угловой скорости вращения вала ротора СДПМ при векторном управлении во многом зависят от характеристик двигателя, а также от характера нагрузки.

В работе [3] представлен итеративный метод оптимизации параметров ПИД-регулятора. Приведено сравнение с классическими методами настройки, в результате итеративный метод показал лучшие показатели. В [4] автор по результатам моделирования электропривода на базе СДПМ определил, что использование метода настройки регуляторов контуров токов по критерию максималь-

ной степени устойчивости позволяет получить лучшую динамику контуров токов, чем при использовании модульного критерия.

Алгоритм динамического изменения коэффициентов ПИ-регулятора в контуре токов dq при управлении синхронным двигателем с постоянными магнитами представлен в работе [5]. Основной идеей является подстраивание параметров регулятора в заданных пределах при изменении характера нагрузки. Данный алгоритм показал лучшую производительность в сравнении с неизменяемыми коэффициентами ПИ-регулятора.

В данной работе представлена методика получения факторных моделей оптимальных коэффициентов ПИ-регулятора контура скорости в системе управления электроприводом при разных моментах сопротивления нагрузки и моментах инерции, приведенных к валу СДПМ. Критерием оптимизации являлось время переходного процесса и величина перерегулирования при имитационном моделировании реакции системы управления на входное ступенчатое воздействие.

Методика моделирования и полученные результаты

Математическую модель СДПМ во вращающейся системе координат dq можно разделить на две части: электрическую и механическую составляющие [6]. Электрическая составляющая СДПМ с допущением равенства индуктивностей по осям q и d описывается уравнениями:

$$\frac{d}{dt}i_d = \frac{1}{L}U_d - \frac{R}{L} + \omega_e i_q, \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt}i_q = \frac{1}{L}U_q - \frac{R}{L}i_q - \omega_e i_d - \frac{2k_t \omega_m}{3L}, \quad (2)$$

$$T_e = K_t p i_q, \quad (3)$$

$$\omega = p \omega_m, \quad (4)$$

где L – индуктивность обмоток статора, R – сопротивление обмоток статора, i_q , i_d – токи по осям q и d , U_q , U_d – напряжения по осям q и d , ω_m – механическая угловая скорость вала ротора, ω_e – электрическая угловая скорость вала ротора, T_e – электромагнитный момент, K_t – конструктивная постоянная СДПМ.

Механическая составляющая СДПМ описывается следующими уравнениями:

$$\frac{d}{dt}\omega_m = \frac{1}{J}(T_e - T_f - F\omega_m - T_m), \quad (5)$$

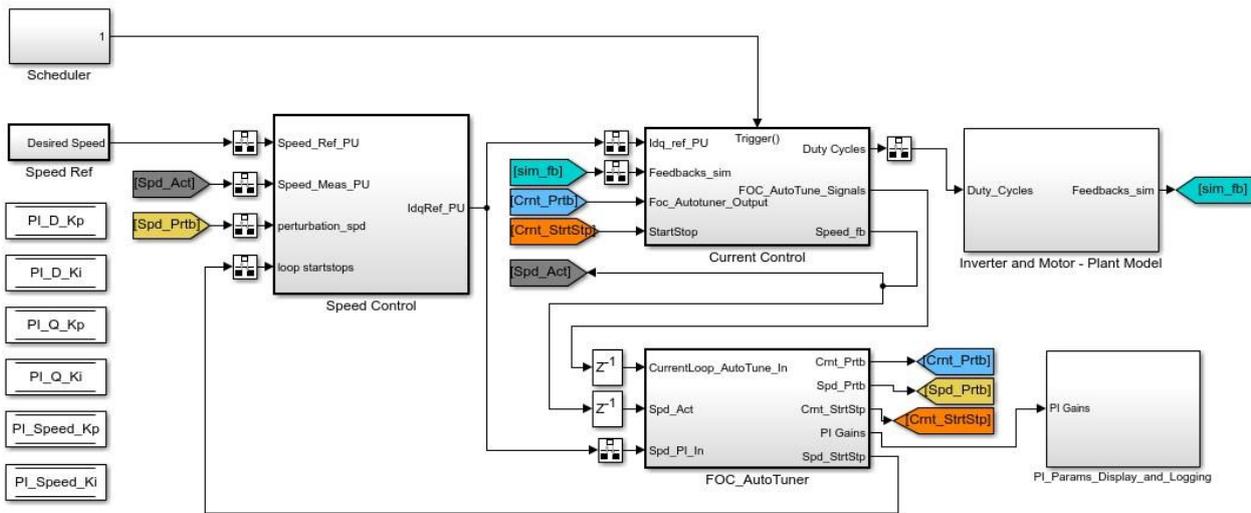
$$\frac{d}{dt}\theta_m = \omega_m, \quad (6)$$

где J – суммарный момент инерции двигателя и нагрузки, F – суммарный коэффициент вязкого трения в опорах двигателя и нагрузки, θ_m – механический угол поворота вала ротора, T_m – момент нагрузки, T_f – момент трения.

Данная математическая модель и система управления была реализована в программном продукте MATLAB&Simulink (рис. 1). В качестве объекта управления выбран двигатель M-2310P-LN-04K типоразмера NEMA23, технические характеристики которого представлены в табл. 1. Моделирование проводилось при напряжении питания драйвера СДПМ 24В.

Таблица 1. Технические характеристики СДПМ M-2310P-LN-04K

Параметр	Значение
Индуктивность фазы статора L , мГн	0,2
Сопротивление фазы статора R , Ом	0,36
Номинальный ток I , А	7,1
Момент инерции ротора J_m , кг· м ²	0,000007
Номинальный момент, Нм	0,2753
Количество пар полюсов, p	4
Конструктивная постоянная K_t , Нм/А	0,0384



Copyright 2020 The MathWorks, Inc.

Рис. 1. Имитационная модель системы управления СДПМ в MATLAB&Simulink

Для регулирования скорости вращения вала двигателя использован ПИ-регулятор. Коэффициенты регулятора скорости K_P и K_I зависят от механических параметров системы [7]. Для определения коэффициентов построены факторные модели второго порядка с использованием ортогонального композиционного плана [8].

Факторами моделей выбраны суммарный момент инерции (J) и момент сопротивления нагрузки двигателя (T_L) с интервалами варьирования, приведенными в табл. 2.

Таблица 2. Уровни варьируемых факторов

Уровни факторов	Факторы процесса	
	Момент инерции J , кгм ²	Момент сопротивления нагрузки T_L , Нм
Интервал варьирования	0,000046	0,2
Нижний уровень (-1)	0,000007 (J_m)	0
Основной уровень (0)	0,000053 ($7,5J_m$)	0,2
Верхний уровень (+1)	0,000099 ($15J_m$)	0,4

В точках спектра плана были получены оптимальные коэффициенты регулятора. Критериями оптимизации являлись время переходного процесса и величина перерегулирования при ступенчатом воздействии на регулятор.

Методом регрессионного анализа получены следующие зависимости:

$$K_P = -0,54 + 1,34 \times 10^5 J + 0,07 T_L - 817 J T_L \quad (7)$$

$$K_I = 44,76 - 3,49 \times 10^5 J + 3,99 T_L - 1,6 \times 10^5 J T_L + 4,88 \times 10^9 J^2 + 23,52 T_L^2. \quad (8)$$

Графическое представление полученных зависимостей в виде поверхности отклика приведено на рис. 2.

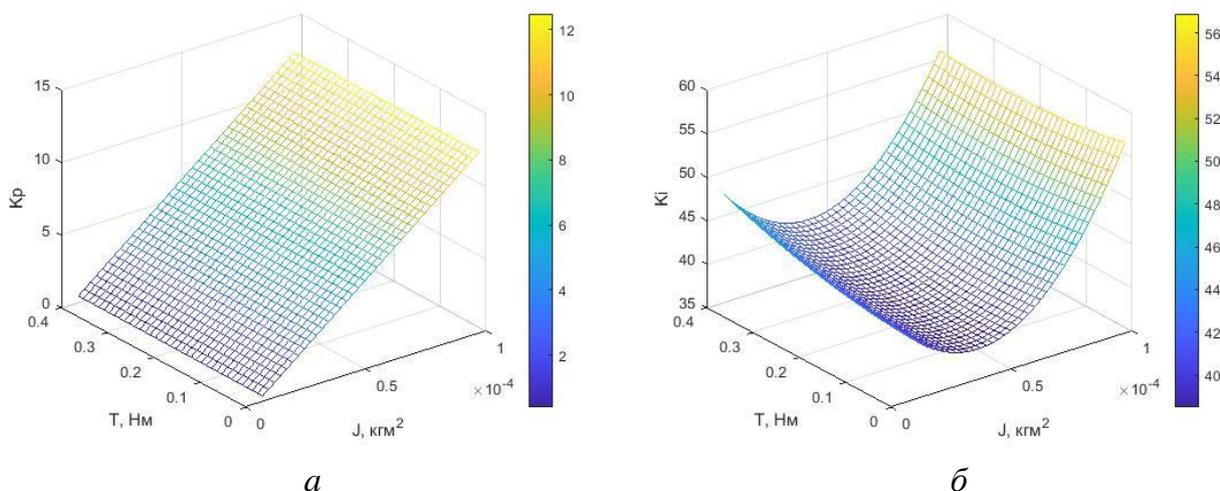


Рис. 2. Поверхности отклика: *а* – факторной модели коэффициента регулятора K_P , *б* – факторной модели коэффициента регулятора K_I

Из представленных на рис. 2 графиков виден характер изменения коэффициентов регулятора в зависимости от момента инерции и момента сопротивления нагрузки двигателя. Момент нагрузки (T_L) практически не оказывает влияния на пропорциональный коэффициент (K_P) во всем рассматриваемом диапазоне изменения момента инерции (J), но в большей степени приводит к изменению интегрального коэффициента (K_I) в особенности при малом моменте инерции, близкому моменту инерции ротора. Наибольшее значение $K_P = 12,91$ выявлено при $T_L = 0,4$ Нм, $J = 15J_m$, наименьшее $K_P = 0,59$ при $T_L = 0$ Нм, $J = J_m$, в то время как наибольшее значение $K_I = 57,22$ выявлено при $T_L = 0,4$ Нм, $J = J_m$, наименьшее $K_I = 40,56$ при $T_L = 0,2$ Нм, $J = 7,5J_m$.

Заключение

Путем имитационного моделирования электропривода получены факторные модели оптимальных коэффициентов пропорционально-интегрального (ПИ) регулятора в контуре скорости для СДПМ М-2310Р-LN-04К. Анализ полученных зависимостей показал, что как на пропорциональный, так и на интегральный коэффициент регулятора скорости наибольшее влияние оказывает момент

инерции нагрузки, в то время как момент сопротивления нагрузки практически не оказывает влияния на пропорциональный коэффициент, а на интегральный имеет более существенное влияние при малых моментах инерции нагрузки. Наибольшее значение $K_p = 12,91$ выявлено при $T_L = 0,4$ Нм, $J = 15J_m$, наименьшее $K_p = 0,59$ при $T_L = 0$ Нм, $J = J_m$, в то время как наибольшее значение $K_I = 57,22$ выявлено при $T_L = 0,4$ Нм, $J = J_m$, наименьшее $K_I = 40,56$ при $T_L = 0,2$ Нм, $J = 7,5J_m$.

Полученные зависимости можно применять в адаптивных системах управления электроприводом на базе рассматриваемого двигателя, отвечающих требованиям максимальной точности и быстродействия.

Список использованных источников и литературы

1. *Lindegger M.* Economic viability, applications and limits of efficient permanent magnet motors. Switzerland: Swiss Federal Office of Energy, 2009.
2. Авторское свидетельство N 1681371, кл. 5 Н 02 Р 5/40 Мищенко В. А., Мищенко Н. И. Способ векторного управления синхронным электродвигателем с постоянными магнитами на роторе. Приоритет 31.03.1987 г. Зарегистрировано 01.06.1991 г., опубл. 30.09.91 Бюл. N 36.
3. Lequin O., Gevers M., Mossberg M., Bosmans E., Triest L. Iterative feedback tuning of PID parameters: Comparison with classical tuning rules, *Control Eng. Pract.*, Vol. 11, pp. 1023–1033, 2003.
4. Демченко, Ф. О. Оптимизация параметров системы управления синхронными двигателями с постоянными магнитами / Ф. О. Демченко // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2007. – № 9. – С. 74–86.
5. Panda S. K., Lim J. M. S., Bash P. K., Lock K. S. Gain scheduled PI speed controller for PMSM drive, *IEEE Industrial Electronics Society International Conference (IECON 97)*, pp. 925–930, New Orleans, LA, 9–14 November 1997.
6. Krishnan R. *Electric Motor Drives – Modelling, Analysis and Control*. Pearson Education, 2003.
7. Kaewjundam W., Konghirun M., DSP – Based Vector Control of PMSM Servo Drive Using Resolver Sensor, *TENCON 2006 IEEE Region 10 Conference*, pp. 1-4, 2006.
8. Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. – Москва : Юрайт, 2012. – 400 с.

P. A. Sannikov, pavelssannikov2000@gmail.com

K. S. Kochurov

P. V. Lekomtsev

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Method of finding the proportional-integral gains of speed controller of permanent magnet synchronous motor

The article presents simulation modeling of the closed loop control system of permanent magnet synchronous motor drive with four pairs of poles. Parametric optimization of the proportional-integral regulator of speed loop for the M-2310P-LN-04K permanent magnet synchronous motor drive at different load torques and load inertia was performed. The factor models of optimal proportional-integral gains are designed using regression analysis. The focus of optimization was the settling time and value of overshooting on step response.

The analysis of the obtained dependencies showed that the proportional and integral gains of the speed loop controller are most affected by the moment of inertia, while the load torque has almost no influence on the proportional gain, and the integral gain has a more significant influence at small moment of inertia. The presented method of obtaining regression models of PI controller gains can be used in adaptive control systems that meet the requirements of maximum accuracy and performance.

Keywords: permanent magnet synchronous motor, proportional-integral controller, optimal control, speed loop controller.

С. Н. Семёнова, аспирант, semionovasvetlana@mail.com
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Функционализация никель-углеродного нанокompозита полиметилнафталинсульфонатом натрия (С-3)

Эффективное использование дисперсий металл-углеродных нанокompозитов (НК) в композиционных материалах является комплексной задачей. Приведены результаты экспериментальной работы по функционализации никель-углеродных нанокompозитов (Ni/C НК) полиметилнафталинсульфонатом натрия (пластификатор С-3) для модификации цементной матрицы. В статье представлен сравнительный анализ дисперсий с разной продолжительностью ультразвуковой обработки при разных температурных режимах. Выявлено, что сольбилизация и стабильность системы достигается при времени УЗ-обработки 15 мин и температуре нагрева 25 °С. Проведен инфракрасный спектральный анализ соединений, образованных при подобранном режиме получения дисперсии. Полученные спектры указывают на замещение натрия (Na) и присоединении углеродной структуры Ni/C НК к оксиду серы (VI) SO_4^{2-} в молекуле полиметилсульфоната натрия.

Ключевые слова: никель-углеродный нанокompозит, полиметилнафталинсульфонат натрия, суспензия, седиментация, стабильность.

Введение

Применение наноразмерных добавок в строительных смесях является актуальной задачей и требует большого количества исследований для поиска оптимальных вариантов модификации композитов. Прежде всего ставится задача равномерного распределения наноструктур в объеме композита для полного проявления их модифицирующих свойств, таких как повышение прочности и придание электропроводности. С этой целью перед введением в композит, наноструктуры подвергаются диспергированию. Контроль качества диспергирования порождает дополнительные задачи, в то же время проблема кластеризации сферических частиц хорошо изучена [1]. В настоящее время в диспергировании широко используются два подхода — механический и химический [2]. Механический подход включает УЗ-обработку и перемешивание с высоким усилием сдвига, данные манипуляции могут привести к фрагментации структуры и полученные механическим методом суспензии не обладают высокой стабильностью. Поэтому более распространен метод изготовления суспензий с использованием как механического, так и химического подходов. В связи с возникновением сильного вандерваальсового взаимодействия между наночастицами возникает необходимость диспергирования нанокompозитов с применением ПАВ для равномерного распределения наночастиц в материале и,

как следствие, повышение их эффективности. Для каждого ПАВ существует оптимальное содержание в суспензии по отношению к дисперсной фазе. Концентрация ПАВ выше или ниже этого соотношения ухудшает качество дисперсии [2]. При низком содержании ПАВ мицеллы не образуют равномерного покрытия на поверхности наноструктур, а при высоком мицеллы расширяются в водную фазу, способствуя снижению поверхностной энергии, и, как следствие, связывают наноструктуры между собой [3]. Исходя из данных более ранних исследований ставятся следующие задачи: подбор режима механической и ультразвуковой обработок, подбор соотношения ПАВ/НК и анализ соединения ПАВ-НК. Для получения данных использовались методы спектрофотометрии и ИК-анализа.

Экспериментальная часть и результаты исследования

В ходе экспериментальной работы были испытаны пробные образцы суспензий с никель-углеродным НК, разработанные в ЦБХТ ИЭМЗ «Купол» [4], на устойчивость системы через разные интервалы времени. В качестве функциональной добавки для достижения стабильности системы применялся ПАВ «Пластификатор С-3», который представляет собой смесь олигомеров полиметилнафталинсульфонатов натрия с числом звеньев в молекуле от 2 до 25 (рис. 1) [5].

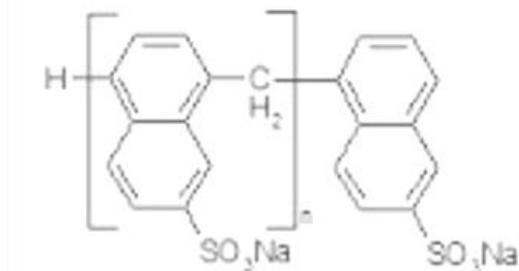


Рис. 1. Полиметилнафталинсульфонат натрия

Стабильность системы оценивалась на спектрофотометре Экросхим ПЭ-5400ВИ с зеленым светофильтром (длина волны – 530 нм) в кювете с толщиной поглощающего света 10 мм. Оптическая плотность полученных суспензий является функцией отклика и свидетельствует о качестве диспергирования [6].

Для измерения устойчивости были изготовлены суспензии с содержанием никель-углеродной дисперсии 0,02 %, при которой эффективность дисперсий в более ранних испытаниях проявилась в большей степени [7]. Суспензии были получены методом ультразвукового диспергирования в ванне Сапфир УЗВ-5,7 ТТЦ при частоте 25 кГц и мощности 150 Вт. Снижение оптической плотности (D) свидетельствует о нестабильности системы и седиментации. Сравнивая результаты контрольного образца (КО) и образцов, подверженных УЗ-обработке, представленные на рис. 2, можно утверждать о том, что УЗ-диспергирование положительно влияет на стабильность дисперсной системы при ее отстаивании.

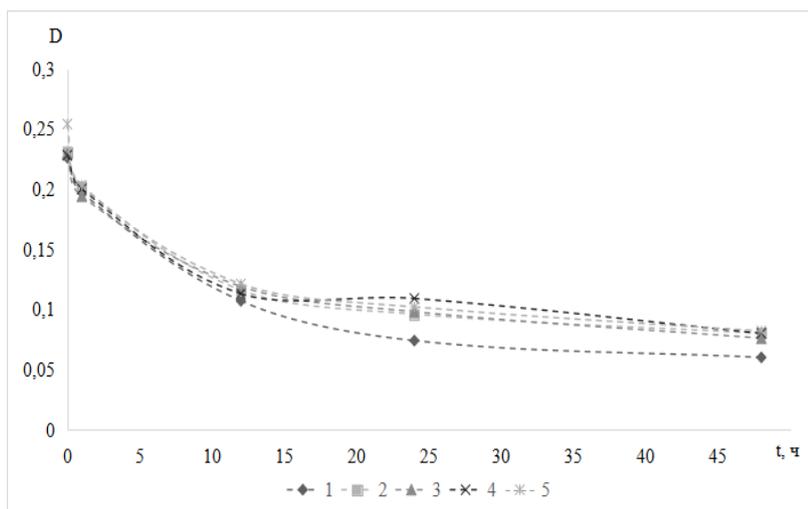


Рис. 2. Зависимость оптической плотности D от времени отстаивания дисперсий после УЗ-обработки: 1 – КО, 2 – 3 мин, 3 – 7 мин, 4 – 15 мин, 5 – 30 мин

При сравнении зависимости степени седиментации от времени озвучивания полученные данные находятся в одном диапазоне, при этом минимальная разница между начальной и конечной оптической плотностью для образца со временем УЗ-обработки – 15 мин.

На рис. 3 представлен график зависимости оптической плотности суспензий при УЗ-обработке в течение 15 мин с одновременным нагревом до разных температур. Наименьшая разница между исходной и конечной оптической плотностью при отстаивании образца наблюдается в суспензии, обработанной при температуре 25 °С.

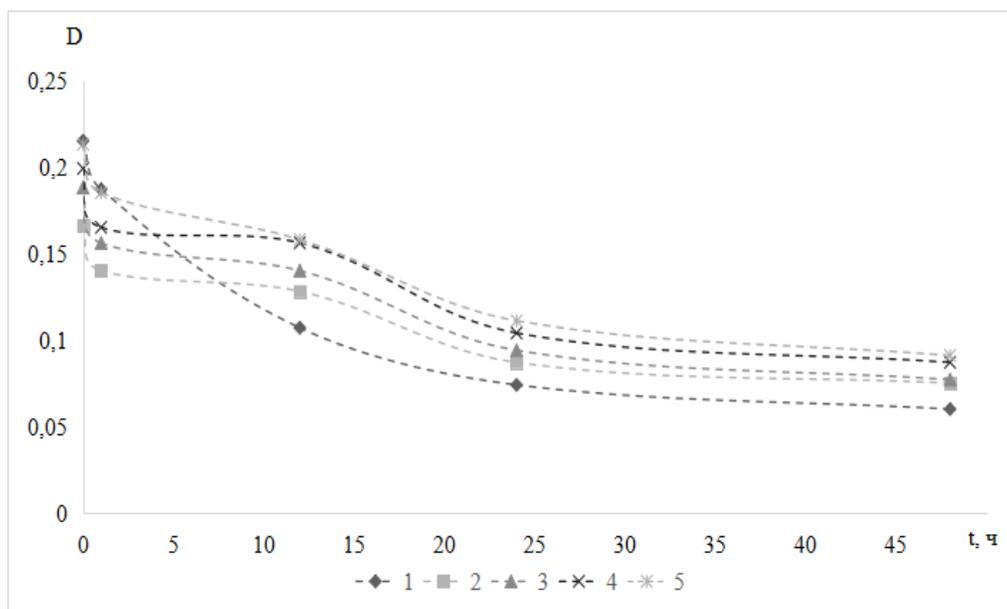


Рис. 3. Зависимость оптической плотности D от времени отстаивания дисперсий после УЗ-обработки 15 мин и нагреве: 1 – КО, 2 – 25 °С, 3 – 35 °С, 4 — 45 °С, 5 – 55 °С

ИК-спектроскопические исследования дисперсии Ni/C в водном растворе пластификатора С-3 (рис. 4) проводились на ИК-фурье-спектрометре IRAffinity-1 (Shimadzu) в области частот 400–4000 см^{-1} . Суспензия предварительно высушивалась до постоянной массы и измельчалась в тонкий порошок. Можно выделить 5 широких полос поглощения: 1) 3396–2920 см^{-1} – соответствует колебаниям -ОН группы и связи С-Н в циклических соединениях; 2) 1595–1357 см^{-1} – колебания ароматического кольца молекулы ПАВ, нерастворимого в воде и выполняющего гидрофобную функцию; 3) область 1186–1033 см^{-1} характеризуется наиболее сильным поглощением и соответствует валентным колебаниям С=S; 4) 891 – 750 см^{-1} – деформация связи С-Н в производных нафталина; 5) слабая полоса поглощения 680–561 см^{-1} соответствует связи -C-S- [8].

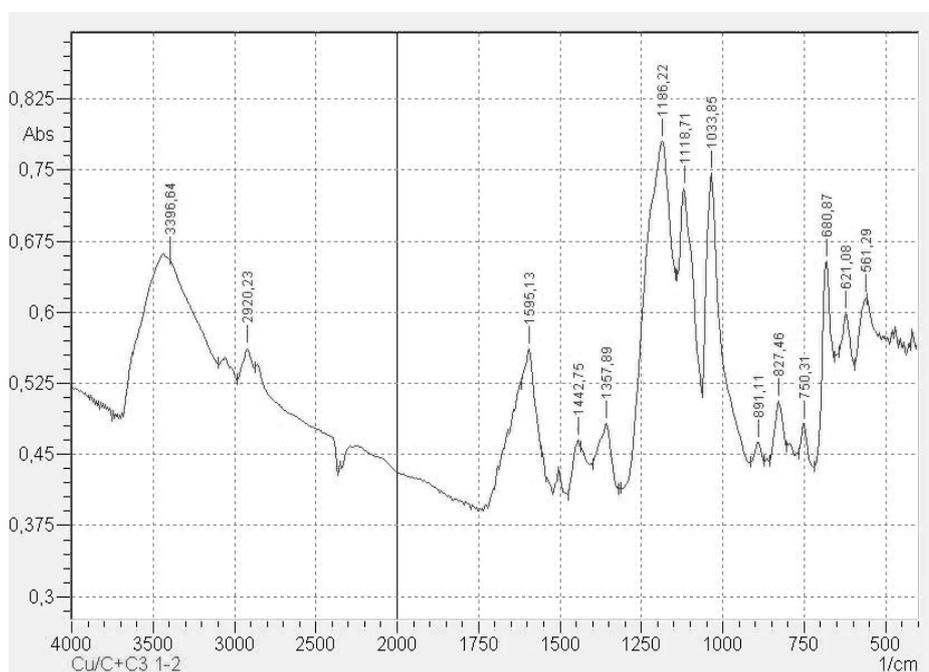


Рис. 4. ИК-спектр дисперсии Ni/C в водном растворе пластификатора С-3

Валентные колебания связи углерода (С) с серой (S) при ИК-анализе может свидетельствовать об образовании комплекса из молекул пластификатора и углеродной оболочки Ni/C НК.

Заключение

В результате экспериментальной работы можно утверждать, что при изготовлении суспензий с 0,02%-м содержанием металл-углеродной дисперсии в 1%-м растворе суперпластификатора С-3 наиболее стабильная дисперсия достигается при обработке ультразвуком в течение 7 мин и при температуре 25 °С. Согласно данным ИК-спектров защита от коагуляции Ni/C НК происходит благодаря присоединению гидрофобных молекул полиметилнафталин-сульфоната натрия к поверхности нанокompозита через отрицательно заряженный оксид серы (VI) SO^{3-} .

Список использованных источников и литературы

1. Huang, Y., Terentjev E. Dispersion and rheology of carbon nanotubes in polymers. *Int. J. Mater. Form.*, 2008, vol. 1, pp. 63-74. DOI: 10.1007/s12289-008-0376-6.
2. Rastogi R., Kaushal R., Tripathi S.K., Sharma A., Inderpreet K., Bharadwaj L. Comparative study of carbon nanotube dispersion using surfactants. *Journal of colloid and interface science*, 2008, vol. 328, pp. 421-428. DOI: 10.1016/j.jcis.2008.09.015.
3. Milton J. Rosen. Surfactants And Interfacial Phenomena. *Surfactants and Interfacial Phenomena*, 2004, vol. 6, pp. 464. DOI:10.1002/0471670561.
4. Патент РФ 2221744. Способ получения металлсодержащих углеродных наноструктур из органического соединения с добавками неорганических солей / Кодолов В.И., Дидик А.А., Волков А.Ю., Волкова Е.Г. Заявл. 08.04.2002. Опубл. 20.01.2004.
5. Краснова Т. А. Исследование молекулярно-массового распределения полиметиленафталинсульфокислот методом матрично-активированной лазерной десорбции / ионизации / Т. А. Краснова, В. Г. Амелин // Известия Саратовского ун-та. Новая серия. Сер. Химия. Биология. Экология. 2013. №3. С. 16-24.
6. Диспергирование одностенных углеродных нанотрубок и фуллеренов C₆₀ в воде и в водных растворах ПАВ / А. Р. Гатауллин, М. С. Французова, С. А. Богданова, Ю. Г. Галяметдинов // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 10. – С. 54–57.
7. Свойства цементных матриц с повышенной электропроводностью / Г. И. Яковлев, В. Черни, И. А. Пудов, И. С. Полянских, З. С. Саидова, Е. В. Бегунова, С. Н. Семенова // Строительные материалы. – 2022. – № 1-2. – С. 11–20. – DOI 10.31659/0585-430X-2022-799-1-2-11-20.
8. Беллами, Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. – Москва : Изд-во иностр. лит., 1963. – 590 с.

S. N. Semenova, post-graduate student, semionovasvetlana@mail.com

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Functionalization of nickel-carbon nanocomposite with sodium polymethyl naphthalene sulfonate (C-3)

Effective use of metal-carbon nanocomposite (NC) dispersions in composite materials is a complex task. The results of experimental work on the functionalization of nickel-carbon nanocomposites (Ni/C NC) with sodium polymethyl naphthalene sulfonate (plasticizer C-3) for the modification of the cement matrix are presented. The article presents a comparative analysis of dispersions with different duration of ultrasonic treatment at different temperature conditions. It is revealed that solubilization and stability of the system is achieved at a time of ultrasonic treatment of 15 minutes and a heating temperature of 25 ° C. The infrared spectral analysis of compounds formed under the selected mode of obtaining dispersion was carried out. The obtained spectra indicate the substitution of sodium (Na) and the addition of the carbon structure of Ni/C NC to sulfur oxide (VI) SO₃– in a molecule of sodium polymethylsulfonate.

Keywords: nickel-carbon nanocomposite, sodium polymethyl naphthalene sulfonate, suspension, sedimentation, stability.

Л. К. Ситникова, студент, lyudochka.sitnikova@inbox.ru
М. О. Еланцев, старший преподаватель
Р. О. Султанов, канд. техн. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Двухэтапный метод поиска похожих изображений в большой базе изображений

В данной статье проведен анализ способов поиска похожих изображений в базе данных большого размера, подробно рассмотрен поиск изображений при помощи перцептивных хешей с вычислением расстояния Хэмминга, при помощи сверточной нейронной сети и при совместном использовании данных методов. Проведены анализ скорости и точности работы метода поиска похожих изображений при помощи сравнения перцептивных хешей, анализ точности классификации изображений при помощи сверточной нейронной сети, анализ скорости и точности при их совместном применении, в том числе при небольших изменениях изображений (обрезка, поворот, изменение контрастности, изменение резкости). По результатам исследования выявлено, что совместное применение метода сравнения по перцептивному хешу и метода классификации при помощи нейронной сети является наиболее эффективным.

Ключевые слова: фото, плагиат, сопоставление, анализ изображений, нейросеть.

Введение

Благодаря развитию компьютерных и интернет-технологий пользователи могут обмениваться в сети интернет большим количеством информации. Одним из видов информации, распространяемой в интернете, являются изображения. Существуют специальные ресурсы, на которых размещается только мультимедиа контент и для этих ресурсов все более остро стоит проблема эффективного поиска похожих изображений. В данной статье будут рассмотрены некоторые существующие методы поиска похожих изображений и предложен способ решения данной проблемы.

Цель исследования – изучить методы поиска похожих изображений в базе данных большого размера.

Основная часть

Суть проблемы поиска похожих изображений заключается в подборе метода их сравнения. Одни способы являются слишком медленными для работы с большими базами, а другие работают быстро, но не дают достаточно точный результат. Рассмотрим несколько различных методов сравнения изображений.

Для сравнения изображений могут применяться, например, следующие методы: попиксельное сравнение изображений, ковариация, перцептивный хеш, сверточные нейросети.

Попиксельное сравнение. Для данного типа сравнения изображения переводят в последовательные цепочки пикселей и затем сравнивают друг с другом.

Данную операцию необходимо проводить для каждого изображения, поэтому при необходимости проводить сравнение среди большого числа изображений, данный метод будет занимать довольно много времени. Также данный метод дает ложный результат при сравнении изображений даже с небольшими изменениями. Исходя из вышеперечисленных минусов, попиксельное сравнение не подходит для решения поставленной задачи.

Ковариация. Метод сравнения изображений при помощи ковариации можно описать следующим образом: изображение, в котором содержится искомый образец, накладывается поверх другого изображения и передвигается по осям X и Y по пикселям, пока не будет найдена точка, в которой различия исходного образца и изображения, в котором осуществляется поиск, будет минимальным. Данный метод, так же как и предыдущий, прост в реализации, но не обладает устойчивостью к изменениям изображений [1]. Он также обладает низкой скоростью работы при обработке большого количества изображений, из-за чего не подходит для решения указанной проблемы.

Перцептивный хеш. Перцептивный хеш – это так называемый индивидуальный «отпечаток» изображения, получаемый с использованием его характеристик. После получения хеша, изображения могут сравниваться по нему при помощи, например, вычисления расстояния Хэмминга. Данный способ сравнения изображений обладает устойчивостью к небольшим изменениям в изображении, таким как обрезка изображения, поворот на небольшой угол, изменение резкости [3]. Еще одним преимуществом данного метода является то, что полученный хеш можно хранить для повторного использования, в отличие от других методов, которые при применении придется повторять заново. Данный метод может подойти для решения указанной проблемы.

Сверточные нейросети. Получая на вход изображение, нейросеть формирует так называемую карту признаков, по которой можно проводить сравнение изображений. Размер полученной карты признаков зависит от количества нейронов в выходном слое сети и обычно довольно велик, что не позволяет проводить быстрое сравнение изображений. Однако по карте признаков изображение можно отнести к тому или иному классу в зависимости от объекта, который на нем изображен. Полученный класс или классы можно хранить в базе данных, чтобы не прибегать к помощи нейросети каждый раз. Сравнение изображений по классам проходит быстро, также сверточные нейросети устойчивы к поворотам изображения, смещениям и другим искажениям [2]. Данный метод может помочь нам при решении указанной проблемы.

Итак, исходя из описания вышеперечисленных методов для наиболее точного поиска похожих изображений был выбран метод сравнения перцептивных хешей. Непосредственно для сравнения хешей используется вычисление расстояния Хэмминга. Однако сравнение большого количества изображений по перцептивному хешу все еще может быть довольно медленным и ресурсозатратным, так как при таком подходе все еще требуется проводить сравнение всех изображений с искомым. Для ускорения работы метода необходимо каким-либо образом получить начальную небольшую группу похожих изображений, внутри

которой будет осуществляться сравнение. Для получения такой группы в предложенном методе используется сверточная нейронная сеть, которая способна классифицировать изображения. Схема работы предложенного метода изображена на рис. 1.

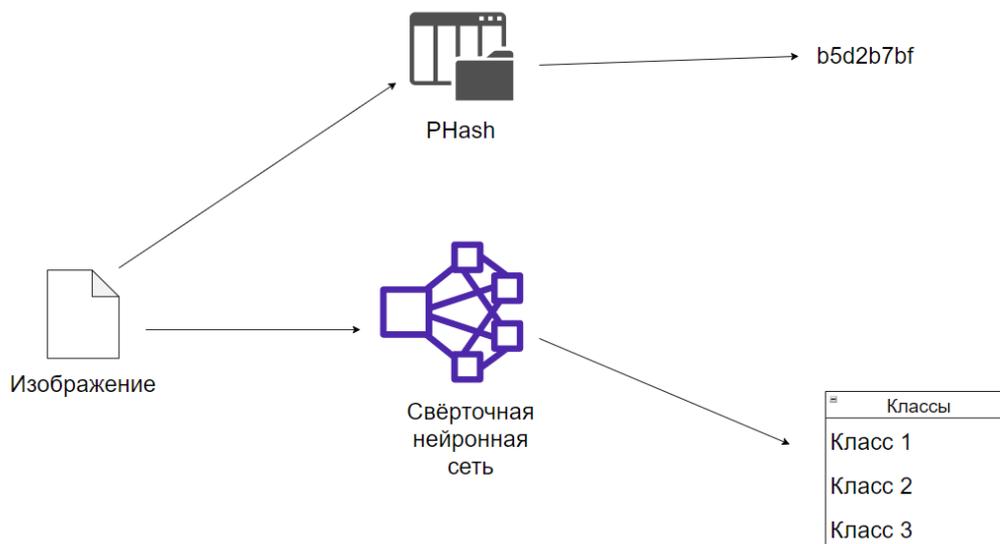


Рис. 1. Схема работы метода

Для каждого изображения вычисляется его перцептивный хеш и три класса, к которым его можно наиболее вероятно отнести. Эти данные хранятся в базе данных. При поиске изображений, похожих на исходное, из базы данных выбираются все изображения, у которых хотя бы один из классов совпадает с классами исходного. Полученный список сравнивается с исходным изображением путем вычисления расстояния Хэмминга между хешами. Похожим считается изображение с минимальным расстоянием, не превышающим заданный порог.

Описание эксперимента

Так как метод состоит из двух шагов (получение класса изображения и получение хеша), эксперимент можно разделить на три части: проверку быстродействия и точности поиска похожих изображений по перцептивному хешу, проверку точности классификации и совмещение этих двух методов, которым является вышеописанный метод. Для проведения эксперимента использовалась следующая конфигурация компьютера: процессор – Intel Core i3 7100U 2.40GHz, ОЗУ – 8 Гб.

Для проведения эксперимента была взята исходная группа, состоящая из 1496 изображений. Целью исследования является поиск похожих изображений, к ним относятся изображения, созданные при помощи применения искажений. Различные искажения и их сила влияют на точность определения схожести. Для проверки влияния искажений к каждому из исходных изображений были применены следующие изменения: обрезка, поворот, изменение контрастности, изменение резкости, каждое изменение было применено в четырех градациях, полученные изображения имеют названия в формате [Название исходного изображения]_[Название изменения]([градация]). Значения градаций указаны в табл. 1.

Таблица 1. Значения градаций

Название изменения	Градация 1	Градация 2	Градация 3	Градация 4
Обрезка (остаток от исходного)	0,95	0,93	0,9	0,88
Поворот (в градусах)	-5	-2	2	5
Изменение контрастности	0,6	0,8	1,2	1,4
Изменение резкости	-1,5	-0,5	0,5	1,5

Помимо простых, уже указанных изменений к исходной группе также применялись более сложные, указанные в таблицах как «Случайное». Данные изменения состоят из нескольких простых (от 1 до 4) и получены следующим образом: для каждой градации применялось случайное количество простых изменений в случайном порядке.

Для всех частей эксперимента проводилось сравнение исходной группы изображений с группой изображений, подверженных изменениям. Каждое исходное изображение сравнивалось со всеми изображениями второй группы.

В первой части эксперимента вычислялось расстояние Хэмминга, затем полученный массив распределялся по группам по типу примененных изменений и по градации. Внутри групп определенных по изменению и градации проводилась сортировка по расстоянию Хэмминга от наименьшего к наибольшему, в группе оставались изображения с наименьшим показателем. Для каждой группы изменений и градации определен счетчик успешно найденных похожих изображений. Если среди оставшихся изображений находилось похожее, счетчик подгруппы увеличивался. В табл. 2 приведены данные, полученные в ходе поиска похожих изображений по перцептивному хешу.

Таблица 2. Результаты первой части эксперимента

Хеш	№ градации				Среднее время работы
	1	2	3	4	
Вид искажения					
Обрезка	99,7	99,4	96,7	89,4	1,80
Контраст	99,7	99,8	99,9	99,9	
Резкость	99,9	99,9	99,9	100	
Поворот	83,1	98,7	98,9	82,6	
Случайное	90,6	99,1	99	88,1	

Как видно из таблицы, поиск только по перцептивному хешу имеет не самую высокую скорость, но довольно высокую точность. Данный метод оказался наиболее устойчив к изменениям контрастности и резкости и наименее устойчив к повороту изображения.

Первым шагом предложенного метода является получение изображений с совпадающими классами, поэтому во второй части эксперимента проводилось определение точности классификации изображений. Измененные изображения

предварительно распределялись на группы по присвоенным им классам, таким образом, каждое изображение оказывалось в трех группах. В случае поиска похожих изображений по классам достаточно, чтобы совпадал хотя бы один класс. Для каждого исходного изображения по его классам собирался массив, состоящий из измененных изображений, отнесенных в группу с таким же классом. Полученный массив так же, как и в первой части эксперимента, делился на группы по способу и градации изменения. Дальнейший подсчет правильности определения похожих изображений проводился аналогично первой части эксперимента. Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты второй части эксперимента

Совпадение классов	№ градации			
	1	2	3	4
Вид искажения	1	2	3	4
Обрезка	99	98,3	97,9	98
Контраст	98,6	99,4	99,4	98,7
Резкость	93,11	95,7	99,4	99,6
Поворот	97,6	99	98,7	96,9
Случайное	97,1	98,4	98,8	97,5

Как можно увидеть из таблицы, данный метод примерно одинаково точен для всех видов изменений, однако точность достигается за счет того, что к похожим относится большое количество изображений, на которых находится такой же по смыслу объект.

Третья часть эксперимента основана на совмещении представленных выше методов. Для этого сначала определялась группа измененных изображений, имеющих один из тех же классов, что есть у исходного, а затем внутри данной группы проводилось сравнение по перцептивному хешу, аналогично первой части эксперимента. Полученные данные приведены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты третьей части эксперимента

Совпадение классов + Хеш	№ градации				Среднее время
	1	2	3	4	
Вид искажения	1	2	3	4	0,06
Обрезка	98,9	98	96,7	94,4	
Контраст	98,5	99,2	99,3	98,6	
Резкость	93	95,6	99,3	99,6	
Поворот	92,8	98,6	98,6	91,6	
Случайное	94,1	97,9	98,4	93,7	

Как можно судить по таблице, скорость поиска значительно увеличилась, точность осталась на достаточно высоком уровне, что позволяет сделать вывод об эффективности предложенного метода.

Подобные комплексные подходы находят свое применение в различных системах, в том числе зарегистрированных в качестве программ для ЭВМ [4], направленных на поиск похожих изображений.

Заключение

В данной статье были рассмотрены различные методы сравнения изображений, более подробно рассмотрены метод сравнения перцептивных хешей и метод классификации изображений при помощи сверточных нейронных сетей. Исходя из полученных в ходе эксперимента данных выяснено, что для эффективного поиска похожих изображений следует использовать одновременно более одного метода. Предложенный вариант совмещения методов сравнения перцептивных хешей и классификации при помощи нейронных сетей является одним из эффективных вариантов, ускоряющих поиск похожих изображений в несколько раз относительно использования только одного метода.

Список использованных источников и литературы

1. *Новицкая, А. Д.* Методы распознавания и отслеживания изменения объекта с течением времени / А. Д. Новицкая, Н. А. Жилияк // Труды БГТУ. Серия 3: Физико-математические науки и информатика. – 2017. – № 1 (194). – С. 79–81.
2. *Podobailova, V. A.* Application of conventional neural network in Computer vision tasks / V. A. Podobailova // Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации. – 2021. – № 20. – Р. 59–60.
3. *Огневой, Г. Д.* Методы и алгоритмы поиска изображений / Г. Д. Огневой // Информационные технологии в образовании, науке и производстве : II Международная научно-техническая интернет-конференция, 4 декабря 2014 г. Секция : Информационные технологии в производстве и научных исследованиях. – 2014.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021612165 Российская Федерация. Программа поиска похожих изображений для системы ImStocker Vision : № 2021611376 : заявл. 04.02.2021 : опубл. 12.02.2021 / М. О. Еланцев.

L. K. Sitnikova, student, lyudochka.sitnikova@inbox.ru

M. O. Elantcev, senior lecturer;

R. O. Sultanov, Ph.D, docent

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

A two-step method of searching for similar images in a large image database

This article analyzes the methods of searching for similar images in a large database, examines in detail the search for images using perceptual hashes with Hamming distance calculation, using a convolutional neural network and using these methods together. The analysis of the speed and accuracy of the method of searching for similar images by comparing perceptual hashes, the analysis of the accuracy of image classification using a convolutional neural network, the analysis of speed and accuracy when they are used together, including with small changes in images (cropping, rotation, contrast change, sharpness change). According to the results of the study, it was revealed that the joint use of the perceptual hash comparison method and the classification method using a neural network is the most effective.

Keywords: photo, plagiarism, comparison, image analysis, neural network.

Д. А. Трефилов, студент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, dimkatref@yandex.ru
Е. А. Антонов, канд. физ.-мат. наук, Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН

А. А. Куприянов, студент, Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН

Лазерная подсветка для мультиспектральной камеры

Разработано устройство лазерной подсветки для работы мультиспектральной камеры в ночное время суток. Были рассмотрены методы лазерной подсветки. Выбран наиболее простой метод подсветки, который можно использовать для мультиспектральной камеры. Его простота заключается в минимальном количестве используемых компонентов. Выполнены расчеты минимальной требуемой мощности излучения лазерных источников для преодоления необходимого расстояния пучком и последующий прием излучения мультиспектральной камерой, а также рассчитаны оптические параметры линз, чтобы на объекте воздействия получить ширину пучка определенного размера. Лазерные источники были подобраны под каждый канал мультиспектральной камеры, соответствующие минимальной требуемой мощности. Представлены параметры линз для каждой длины волны системы подсветки. Также была представлена схема разработанного устройства и предоставлены его габариты.

Ключевые слова: мультиспектральная камера, лазерная подсветка.

Введение

В настоящее время широкое распространение в современной науке и технике приобрели мультиспектральные камеры, приборы, позволяющие делать снимки на нескольких длинах волн. По этим снимкам можно анализировать состояние местности, проводить диагностику электроприборов, обнаруживать утечку газа, нефти или химических веществ, найти пропавшего человека, отслеживать передвижения животных и др.

Существует большое множество типов мультиспектральных камер, так как такие камеры обычно разрабатываются под определенную задачу. Они имеют различное разрешение, например, для аэрофотоснимков оно должно быть большим, в то время как для наблюдения за передвижениями животных необходимо знать только их местонахождение. Также камеры работают в различных диапазонах длин волн в зависимости от типа материалов, которые необходимо идентифицировать. Мультиспектральные камеры можно и дальше улучшать, вносить новизну в их разработку, чтобы находить новые области применения.

Мультиспектральная камера может работать преимущественно в дневное время суток, то есть при наличии естественных источников излучения. Для

применения мультиспектральных камер в ночное время суток необходимо подсвечивать область съемки.

Основная часть

Мультиспектральное изображение (МСИ) – изображение, состоящее из нескольких плоскостей (изображений), полученных при съемке на различных длинах волн. При этом каждая плоскость содержит информацию об отраженном излучении от объекта в определенном спектральном диапазоне. Каждому пикселю мультиспектрального изображения соответствует свой спектр, характеризующий материал. Чем больше плоскостей содержит мультиспектральное изображение, тем более тонкую информацию можно получить от каждого пикселя такого изображения. МСИ получают с помощью мультиспектральных камер, которые измеряют отраженную поверхностью исследуемого объекта энергию для достаточно широких спектральных диапазонов. У всех объектов есть явно выраженная спектральная сигнатура – значение интенсивности в определенных спектральных диапазонах. Каждому материалу, из которого состоит объект, соответствует своя сигнатура. На основании полученной спектральной сигнатуры появляется возможность различить один объект от другого.

Обычно для задач классификации изображений в мультиспектральных камерах используется от 4 до 12 длин волн. В работе [1] показано, что оптимальная совокупность параметров точности классификации материала и скорости анализа мультиспектрального изображения достигается при пяти каналах мультиспектральной камеры.

В данной работе представлена система лазерной подсветки для мультиспектральной камеры. Выбор количества источников излучения в разрабатываемой системе определяется исходя из количества каналов мультиспектральной камеры.



Рис. 1. Функциональная схема лазерной установки

Рассмотрим функциональную схему лазерной установки для мультиспектральной камеры (рис. 1). Блок питания дает электроэнергию системе управле-

ния и источникам излучения. Система управления контролирует работу источников излучения. Лазеры генерируют излучение в систему формирования пучка. Система формирования пучка обеспечивает требуемые характеристики излучения на объекте воздействия (ширина пучка, однородность), после отражения от объекта излучение попадает на вход в мультиспектральной камере.

Существуют различные методы подсветки, пример такого метода описан в патенте EP 1 949 082 B1 [2], вся суть которого заключается в том, чтобы свети излучение всех лазеров в общую траекторию пучка. Однако в данном методе система подсветки состоит из множества оптических элементов.

Рассмотрим наиболее простой метод формирования пучка на объекте: он заключается в том, что источники излучения расположены в одной плоскости максимально близко друг к другу (рис. 2, а). Данное расположение лазерных источников повлияет на качество краев мультиспектрального изображения из-за того, что пятна в области подсветки смещены друг относительно друга, соответственно, на краях может пропадать информация об объекте на некоторых длинах волн (рис. 2, б).

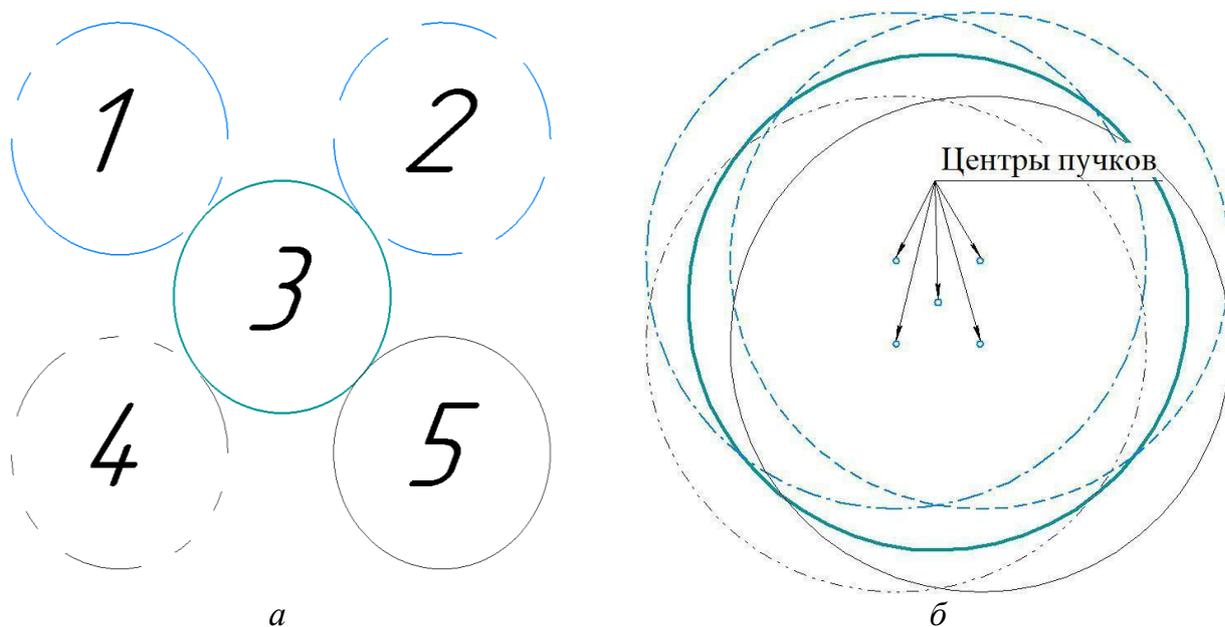


Рис. 2. Схема расположения лазеров (под номерами предполагаются лазерные источники) (а), излучение на объекте при плотной упаковке лазеров (б)

На выходе из лазера распределение интенсивности пучка имеет гауссову форму. Вследствие этого интенсивность отраженного излучения от однородного объекта в разных точках пространства будет отличаться. Поэтому для каждого источника излучения необходимо разработать объективы, которые не только формируют пучок на объекте определенного размера, но и позволяют достичь однородной интенсивности излучения в области подсветки.

Расчет необходимой мощности лазерных источников производится для нахождения минимальной мощности излучения, которую способен зафиксировать фотоприемник. Расчет мощности производится по следующей формуле [3]:

$$P_0 = \frac{P_s k}{X_{pr}(\lambda) X_{per}(\lambda) \frac{A}{Z_{max}^2} R(\lambda) T_{atm}^2(\lambda)},$$

где P_0 – выходная мощность лазера, P_s – мощность темнового тока фотоприемника, k – коэффициент запаса, $X_{pr}(\lambda)$ – спектральный коэффициент пропускания приемной оптической системы, $X_{per}(\lambda)$ – спектральный коэффициент пропускания передающей оптической системы, A – площадь приемной активной зоны, Z_{max} – максимальная измеряемая дальность, $R(\lambda)$ – полный коэффициент диффузного отражения от цели, $T_{atm}(\lambda)$ – спектральный коэффициент пропускания в атмосфере.

Для расчета зададим следующие исходные данные: мощность темнового тока фотоприемника $P_s = 30$ фА, коэффициент запаса $k = 10$, спектральный коэффициент пропускания приемной оптической системы $X_{pr}(\lambda) = 0,96$, спектральный коэффициент пропускания передающей оптической системы $X_{per}(\lambda) = 0,9$, площадь приемной активной зоны $A = 0,004$ м², максимальная измеряемая дальность $Z_{max} = 2000$ м, полный коэффициент диффузного отражения от цели $R(\lambda) = 0.05$, спектральный коэффициент пропускания в атмосфере $T_{atm}(\lambda) = 0,95$.

Разрабатываемый объектив содержит два оптических элемента: фокусирующую линзу, которая предназначена для формирования пучка с требуемой шириной и гомогенизирующий элемент, который обеспечивает однородность пучка в области подсветки.

Для нахождения параметров линзы, необходимо рассчитать ход крайних лучей в оптической системе. Для этого используются формулы углов и высот [4]:

$$tg\theta_{k+1} = tg\theta_k + h_k \Phi_k, \quad (1)$$

$$h_{k+1} = h_k - d_k tg\theta_{k+1}, \quad (2)$$

где θ_k – угол расходимости на выходе из лазера, θ_{k+1} – угол расходимости после объектива, h_k – ширина пучка на линзе, h_{k+1} – ширина пучка на объекте, d_k – расстояние от объектива до объекта, Φ_k – оптическая сила объектива.

На рис. 3 представлен пояснительный рисунок к формулам углов и высот.

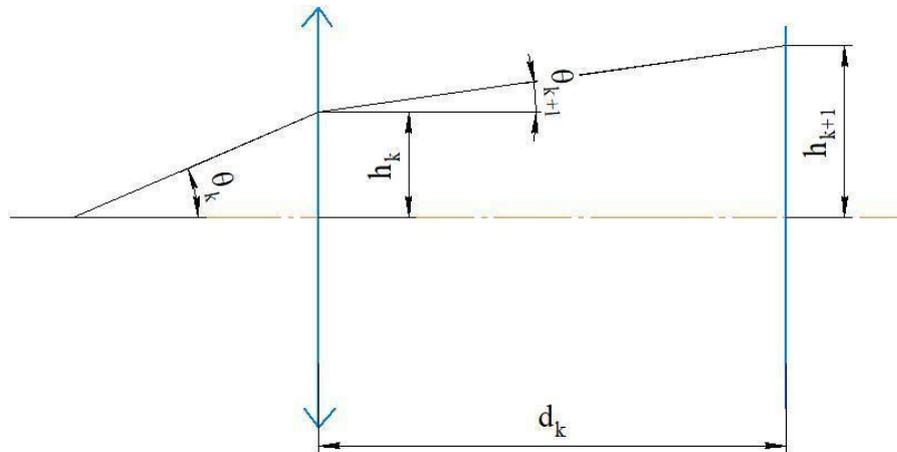


Рис. 3. Пояснительный рисунок к формулам углов и высот

Из приведенных ранее формул (1) и (2) можно получить выражение для нахождения оптической силы объектива Φ_k . Данная величина обратно пропорциональна заднему фокусному расстоянию оптической системы и определяется как

$$f' = \frac{1}{\Phi_k}.$$

Связь фокусного расстояния с радиусами кривизны линзы выглядит следующим образом [4]:

$$\frac{1}{f'} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) + \frac{d(n - 1)^2}{nR_1R_2}, \quad (3)$$

где d – толщина линзы по оси, n – показатель преломления материала линзы, R_1 и R_2 – радиусы кривизны первой и второй поверхности линзы соответственно.

Примем за радиус кривизны первой поверхности первой линзы число близкое к заднему фокусному расстоянию соответственно с ГОСТ 1807–75. Из формулы (3) радиус кривизны второй поверхности определяется как:

$$R_2 = \frac{(1 - n) + \frac{d(n - 1)^2}{n \cdot R_1}}{\frac{1}{f'_1} - \frac{1}{R_1}(n - 1)}.$$

Для расчета зададим следующие исходные данные: материал линзы К8, толщина линзы $d = 4$ мм, расстояние от линзы до объекта воздействия $d_k = 2000$ м, ширина пучка на объекте $h_{k+1} = 5$ м, угол расходимости на выходе из лазера $\theta_k = 0,09$ рад.

Данное устройство разрабатывается под мультиспектральную камеру с пятью длинами волн: 880 нм, 1064 нм, 1200 нм, 1550 нм, 1650 нм. Для каждой длины волны были подобраны лазерные источники. В табл. 1 представлены параметры линз для каждой длины волны.

Таблица 1. Воздействие показателя преломления на радиус кривизны второй поверхности линзы

Длина волны, нм	Показатель преломления стекла К8	Радиус кривизны первой поверхности линзы R_1 , мм	Радиус кривизны второй поверхности линзы R_2 , мм	Толщина линзы, мм	Диаметр линзы, мм
880	1.509	71,78	73,79	4	25,4
1064	1.507	71,78	73,11	4	25,4
1208	1.504	71,78	72,44	4	25,4
1550	1.501	71,78	71,12	4	25,4
1650	1.499	71,78	70,47	4	25,4

Внешний вид разработанного устройства подсветки для мультиспектральной камеры представлен на рис. 4. На нем в разрезе показан один из пяти оптических каналов устройства.

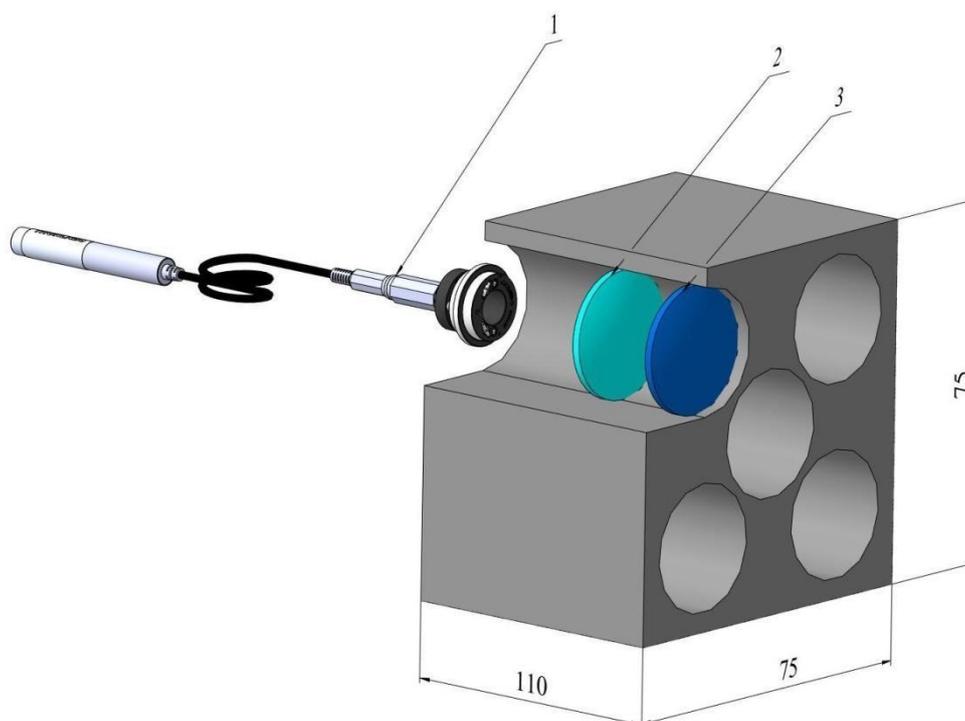


Рис. 4. Внешний вид разработанного устройства:

1 – лазерный источник, 2 – фокусирующая линза, 3 – гомогенизирующий элемент

Заключение

Разработано устройство подсветки для мультиспектральной камеры, работающей в ночное время суток, описаны его достоинства и недостатки. Данное устройство лазерной подсветки позволяет обеспечить радиус пучка 10 м на расстоянии 2 км. Выполнены расчеты необходимой мощности лазерных источников. Выполнены расчеты параметров оптических элементов под конкретные длины волн. Характеристики разработанного устройства: габаритный размер 110×75×75 мм.

Список использованных источников и литературы

1. Применение искусственных нейронных сетей для анализа мультиспектральных изображений / М. Ю. Альес, Е. А. Антонов, А. И. Калугин, М. Р. Зарипов // Оптический журнал. – 2021. – Т. 88, № 8. – С. 48–53. – DOI 10.17586/1023-5086-2021-88-08-48-53.
2. Патент N 102005054184 Федеративная Республика Германия, МПК G01N21/64 (2006.1), F21V9/08 (2006.1), G01N21/6458 (2006.1), G02B19/0028 (2006.1), G02B19/0066 (2006.1), G02B19/0095 (2006.1), G02B21/06 (2006.1), G02B21/16 (2006.1), G02B27/1006 (2006.1), G02B27/141 (2006.1), G02B27/145 (2006.1). Multispectral lighting device and measuring method: N 102005054184.4: заявл. 14.11.2005 : опубликовано 16.05.2007 / Westphal P., Bublitz D.; заявитель Carl Zeiss Microscopy GmbH. – 26 с. : ил.
3. Проектирование оптико-электронных приборов : учебник / Ю. Г. Якушенков и др. – Москва : Логос, 2000. – 488 с.
4. Заказнов, Н. П. Теория оптических систем : учебник для студентов приборостроительных специальностей вузов / Н. П. Заказнов, С. И. Кирюшин, В. Н. Кузевич. – Москва, 1992. – 448 с.

D. A. Trefilov, student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, dimka-tref@yandex.ru;

E. A. Antonov, Ph.D, Udmurt Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

A. A. Kupriyanov, student, Udmurt Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Laser backlight for multispectral camera

A laser backlight device has been developed for the operation of a multispectral camera at night. Methods of laser backlight were considered. The simplest backlight method that can be used for multispectral cameras is chosen. Its simplicity is calculated in the number of accepted components. Calculations of the required measurement power of laser sources to solve the required beam measurement and after receiving the decision of the multispectral camera are performed, as well as the optical parameters of the lens are calculated in order to obtain a measurement of a beam of a certain size on the object. Laser sources were used in each channel of the multispectral camera, according to the required power. Lens analysis suggestions for each radiation system. The developed scheme of the device was also presented and its dimensions were provided.

Keywords: multispectral camera, laser backlight.

А. И. Троянская, канд. психол. наук, доц., atroyanskaya@mail.ru
ИжГТУ имени М. Т.Калашникова

Особенности адаптации иностранных студентов к условиям обучения

Экспорт образовательных услуг российских вузов является стратегическим приоритетом отрасли. В настоящее время объемы поступающих средств от экспорта очного образования нарастают даже в условиях сложной политической и эпидемиологической обстановки. Это обеспечивается разнообразием стран происхождения обучающихся иностранных граждан. Тем не менее прибывающие студенты неизбежно сталкиваются с трудностями адаптации к особенностям обучения в новой культурной среде. В статье рассмотрена специфика разных типов адаптации студентов. Сделан вывод о трудностях включения в учебный процесс и полной реализации своих способностей в иностранном учебном заведении. В то время как адаптация к бытовым условиям жизни проходит успешно. Даны рекомендации по развитию служб поддержки, консультирования и взаимодействия с иностранными студентами.

Ключевые слова: экспорт образовательных услуг, межкультурная адаптация, культурный шок, культурная дистанция, психологическое сопровождение.

Введение

В соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 14.08.2019 N1797-р «Об утверждении Стратегии развития экспорта услуг до 2025 года» [1] привлечение контингента иностранных студентов для обучения в вузах России должно стать важной целью для системы образования. Соответственно, предполагается, что доходы от экспорта образования будут увеличиваться и в течение трех ближайших лет и составят 3,6 млрд долларов США. То есть согласно целевому отраслевому прогнозу эти поступления должны более чем утроиться за последние 10 лет. Это представляется весьма вероятным даже в нынешних политических и экономических условиях, учитывая, что приезжают студенты-иностранцы преимущественно из государств СНГ – 72,2 % обучающихся иностранных граждан. Доля студентов из Африки и стран Ближнего Востока сохраняется. Количество студентов из стран Европы, а особенно из стран Прибалтики, уменьшилось существенно за последние 10 лет.

В целом российское образование пользуется спросом за рубежом. Последние годы наблюдается прирост количества иностранных граждан, поступающих в вузы Российской Федерации. Количество иностранных студентов увеличилось за предыдущий год на 10% или на 25 тыс. чел. Это произошло прежде всего за счет прироста количества студентов из Китая и Туркмении [2]. Наиболее многочисленный контингент иностранных учащихся представлен студентами Казахстана – 43,4 тыс. чел., Китая – 36,5 тыс. чел., Туркмении – 30,1 тыс. чел., Узбекистана – 19,9 тыс. чел., Индии – 5,3 тыс. чел.

Среди направлений иностранные студенты выбирают в первую очередь инженерно-технические специальности – 21 %, здравоохранение – 17 %, экономика и управление – 15 %.

На сегодняшний день в российских учебных заведениях обучается порядка 225 тыс. студентов-иностранцев, что составляет 4 % [2]. В то время как российских студентов в иностранных образовательных учреждениях намного меньше 0,8 %. Такое соотношение иногда называют ситуацией «притока мозгов». Оно характерно для образовательной статистики таких стран, как США и Великобритания. Если разобраться в сути явления, то мы не обнаружим сходства. Достаточно лишь разложить статистические данные по уровням образования. Действительно, увеличивается на 10 % количество иностранцев лишь на уровне бакалавриата. Аспирантура, магистратура, среднее профессиональное образование демонстрируют снижение. Аспирантов-иностранцев обучается в стране только 5 %, наиболее развитые страны принимают свыше 20 % аспирантов. То есть на первый взгляд положительная тенденция предстает как проблема. Когда приток человеческого капитала не отражается на экономически значимых секторах – молодых ученых и квалифицированных работников среднего профессионального образования.

Для самих иностранных студентов чрезвычайно сложным этапом по прибытии в страну обучения становится психологическая адаптация. Особенно трудно адаптироваться к окружению в странах, разделенных большой «культурной дистанцией», в терминологии С. Бочнера [3].

Если формулировать проблемы адаптации словами самих студентов, то можно сказать: «Главная проблема – языковой барьер. Задачу овладеть “неформальными инструментами” русского языка, молодежным жаргоном, решить практически невозможно»; «Местные ребята с нами общаются мало. Да, просят помочь, показать решение задания. Но потом перестают разговаривать, будто ничего и не было»; «В университете в России чувствую себя ребенком. Мне 23, а я не могу выйти из кампуса в ночное время»; «Автобусы не всегда ходят по расписанию. Не указан точный маршрут. Бывает, что даже остановка не обозначена»; «Здесь очень мало фруктов, даже папайи нет...»

Основная часть. Исследование адаптации иностранных студентов

Межкультурная адаптация – сложный процесс, благодаря которому человек достигает соответствия (совместимости) с новой культурной средой, а также результат этого процесса. Т. Г. Стефаненко выделяет внутреннюю сторону адаптации, выражающуюся в чувстве удовлетворенности и полноты жизни, и внешнюю сторону, которая проявляется в участии индивида в социальной и культурной жизни новой группы [4].

Адаптация к новой среде связана с болезненными переживаниями разлуки с друзьями, потери статуса, дискомфортом, чувством отверженности, пересмотром ценностных ориентаций, неразберихой с социальной и личностной идентичностью. Понятие «культурный шок» [3], введенное в научный лексикон К.Обергом, объединяет эти симптомы. Культурный шок может выражаться в следующих явлениях: беспокойство о качестве пищи, воды, чистоте посуды, постельного белья, страх перед физическим контактом с другими людьми, об-

шая тревожность, раздражительность, недостаток уверенности в себе, бессонница, чувство изнеможения, психосоматические расстройства, депрессия.

Г. Триандисом определены пять этапов адаптационного процесса, которые можно изобразить в виде так называемой U-образной кривой адаптации [3] (человеку сначала хорошо, потом хуже, плохо, затем лучше и снова хорошо).

Нами изучалась адаптация иностранных студентов ИГМА первого курса лечебного факультета (табл. 1). Применен Опросник адаптации иностранных студентов (Горбунова Е. В., Янковский Л. В.) [5].

Рассмотрены вслед за Е. В. Горбуновой [5] типы студенческой адаптации: академическая (адаптация к обучению), психологическая (коммуникативная) и адаптация к условиям жизни (бытовая).

Таблица 1. Распределение ответов на вопросы Опросника исследования адаптации иностранных студентов (Горбунова Е.В., Янковский Л.В.), %

Типы адаптации	Оцените ваше согласие со следующими утверждениями	1 – совершенно не согласен	2 – скорее не согласен	3 – скорее согласен	4 – полностью согласен
Академический (адаптация к обучению)	1. В текущем учебном году я, присутствуя на лекции, внимательно вникаю в материал, слушаю преподавателя	0	91	9	0
	2. Мои ожидания от Академии оправдались	9	9	64	18
	3. Я могу полностью реализовать свои способности в Академии	18	9	27	46
Коммуникативный (психологическая адаптация)	4. В Академии я ощущаю себя частью коллектива	9	55	27	9
	5. Мне нравится моя повседневная деятельность	0	73	18	9
	6. Я чаще бываю доволен, чем наоборот	9	0	73	18
Бытовой (адаптация к условиям жизни)	7. После поступления в Академию я не стал чаще беспокоиться о своем здоровье	0	0	0	100
	8. Я чувствую себя полностью в безопасности по дороге на учёбу или с учебы	0	0	9	91
	9. Я знаю, к кому обратиться за помощью в разрешении проблем в Академии	0	0	9	91

Жирным шрифтом в таблице отмечены преобладающие ответы [6]. Наиболее высокие результаты бытовой адаптации. Студенты чувствуют себя в безопасности, положительно воспринимают состояние своего здоровья. Низкие результаты связаны с затруднениями в самом процессе обучения. Сложно быть внимательным, усваивая материал, слушая преподавателя во время лекции. Снижена эмоциональная удовлетворенность ежедневной деятельностью, воспринимать

себя действительно частью коллектива у большинства студентов на первом курсе пока не получается.

Так или иначе, большая часть студентов достигла среднего уровня адаптации, низкий уровень общей адаптации не наблюдается (табл. 2).

Таблица 2. Уровни адаптации иностранных студентов, %

Типы адаптации	Низкий уровень	Средний уровень	Высокий уровень
Академический (адаптация к обучению)	9	82	9
Коммуникативный (психологическая адаптация)	9	82	9
Бытовой (адаптация к условиям жизни)	0	9	91
Общий уровень адаптации	0	55	45

Корректировка выявленных проблем в адаптации иностранных учащихся возможна прежде всего через формирование официальных подразделений в вузах и программы, нацеленные на адаптацию обучающихся иностранных граждан. Не только преподаватели, но и административный персонал вузов необходимо обучать навыкам взаимодействия с иностранными учащимися.

Заключение

Задача вузов в целях наращивания экспорта образования состоит в адекватной оценке своего экспортного потенциала, расширении его перспектив через разработку инвестиционных бизнес-планов, формировании конкурентоспособных образовательных продуктов, а также развитии инфраструктуры образовательных организаций. Важной является поддержка образования в цифровой среде [7], работа цифровых лабораторий [8], активное ведение единого портала для информирования иностранцев «Российское образование» («Study in Russia»), подбор мест для прохождения практики и стажировки, конкретизация вакансий. Крупные государственные корпорации могли бы проводить зарубежные проекты, тем самым вовлекая иностранных учащихся. Формирование механизма государственной поддержки филиалов и представительств российских образовательных организаций за рубежом, проведение ими летних и зимних школ.

В соответствии с Посланием Президента РФ 1 марта 2018 года Проект развития экспорта образовательных услуг включает разработку специальной системы тьюторства для иностранных учащихся. Она предполагает подготовку полной образовательной траектории на всех этапах обучения и даже трудоустройства, а также сопровождение обучающихся. Возможно облегчение получения гражданства Российской Федерации студентам после аспирантуры. Магистрантам-отличникам ведущих университетов России способствовать в получении постоянного вида на жительство.

Предполагается, что преподавательский состав университетов, а также учебный персонал должен владеть английским языком. Долю такого персонала нужно увеличить до 90 % среди профессоров и преподавателей и до 50 % среди учебно-вспомогательного персонала.

В качестве рисков в ситуации отклонения выполнения этого проекта указывается тот факт, что будет потеряна доля экспорта порядка 1 процента объема и

выше. Также на рынок труда не поступят более, чем 100 тысяч специалистов высокой квалификации. И это в условиях растущего демографического вызова. А также будут ослаблены инструменты укрепления международных позиций России через «мягкую силу» [2].

Список использованных источников и литературы

1. «План мероприятий по реализации Стратегии развития экспорта услуг до 2025 года». – URL : https://iorj.hse.ru/data/2011/01/18/1208078939/Concept_for_Exporting.pdf (дата обращения: 20.02.2022).

2. *Арефьев, А. Л.* Обучение иностранных граждан в образовательных организациях высшего образования Российской Федерации. Статистический сборник / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. – Вып. 17 (2020). – Москва : Государственный институт русского языка им. А. С. Пушкина, 2020. – 180 с.

3. *Рябиченко, Т. А.* Взаимная аккультурация мигрантов и принимающего населения в центральной России // Межкультурные отношения на постсоветском пространстве / Т. А. Рябиченко, Н. М. Лебедева ; под общ. ред. Н. М. Лебедевой. – Москва : Менеджер, 2017. – С. 57–81.

4. *Стефаненко, Т. Г.* Этнопсихология. – Москва : Институт психологии РАН, «Академический проект», 1999. – 320 с.

5. *Горбунова, Е. В.* Адаптация студентов первого-третьего курсов бакалавриата/специалитета к университетской жизни // Universitas. – 2013. – Т. 1, № 1. – С. 48–64.

6. *Троянская, А. И.* Адаптация индийских студентов в условиях обучения в медицинском вузе в России / А. И. Троянская, П. Р. Йадав, А. Сингх // Актуальные вопросы современного медицинского образования : материалы 1 Международной научно-практической конференции. – Ижевск, 2020. – С. 260–261.

7. *Sokolova N. G., Troyanskaya A. I., Glavatskikh O. B.* Reflexive Modernization in the Era of Digital Economy // Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth. – MTDE. 2020. Vol. 138. – Pp. 638–642. DOI: 10.2991/aebmr.k.200502.103.

8. Программа для ЭВМ, Российская Федерация. № 2008614548. Генератор виртуальных лабораторий / Чекунова М. В., 2008.

A. I. Troyanskaya, PhD in Psychology, Associate Professor
Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

Features of adaptation of foreign students to learning conditions

The export of educational amenities of Russian universities is a strategic priority of the field. Currently, the volume of incoming funds from the export of full-time education is increasing even in a difficult political and epidemiological situation. This is ensured by the diversity of the countries of origin of foreign students. Nevertheless, arriving students inevitably face difficulties adapting to the peculiarities of learning in a new cultural environment. The article considers the specifics of different types of adaptation of students. The conclusion is made about the difficulties of inclusion in the educational process and the full realization of their abilities in a foreign educational institution. While adaptation to everyday living conditions is successful. Recommendations on the development of support services, counseling and interaction with foreign students are given.

Keywords: export of educational services, intercultural adaptation, cultural shock, cultural distance, psychological support.

А. С. Тугбаева, магистрант, ИжГТУ имени М.Т. Калашникова,
anastasia_tugbaeva@mail.ru

В. Н. Милич, канд. техн. наук, mili@udman.ru

А. Г. Ицков, канд. физ.-мат. наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова,
itscov@uni.udm.ru

В. А. Широков, канд. техн. наук, shirokovva@udman.ru

Программный интерфейс для обработки гидроакустических сигналов

За последние десятилетия методы обработки сигналов находят все более широкое распространение благодаря прогрессу вычислительной техники и достижению значимых результатов. Под обработкой сигнала понимается процесс восстановления информационного сообщения, которое будет доступным для восприятия человеку. Для достижения этой цели существует уже множество математических методов, которые применяются в зависимости от конкретной задачи. Работа с большой выборкой данных порождает необходимость создания систем обработки сигналов. Не менее важным фактором является ограниченный доступ для проведения экспериментов в естественных условиях человеком. Целью работы является возможность проводить анализ сигналов на основе предложенных алгоритмов. Цель достигается путем разработки программного интерфейса, позволяющего обрабатывать и исследовать полученные сигналы.

Ключевые слова: гидроакустика, подводный объект, гидроакустический эхосигнал, обработка сигналов, периодограммный анализ, программный интерфейс.

Введение

Данная работа является составной частью большой научной и прикладной проблемы, связанной с эхолокацией подводных объектов с целью их обнаружения, координирования и распознавания. Такой метод является основным средством, используемым для исследования подводной среды [1]. Существует множество алгоритмов обработки гидроакустических сигналов, применяемых в различных ситуациях. Данная работа посвящена теме обработки сигнала и распознавания объекта. За основу взят периодограммный анализ как инструмент для решения задачи распознавания. Реализация выбранного алгоритма представлена на языке программирования C++. Под периодограммой понимается оценка спектральной плотности мощности (СПМ). В общем случае она вычисляется с помощью преобразования Фурье, то есть вычисление квадрата модуля амплитуды сигнала [2]. В данной работе используется другой метод построения периодограммы, потому что в реальных сигналах применение классического метода затруднено из-за большой изменчивости данных.

Для разрешения задачи проводится комплексный анализ СПВ (анализ области применения СПВ) и необходимых данных (характеристик) для дальнейшего исследования. Собирается материал об имеющихся методах поиска скрытых за-

кономерностей в отраженных гидроакустических сигналах. Предполагается разработка методики оценки вклада в эффективность СПВ предлагаемых (имеющихся) методов.

Новизну работы представляет собой программный интерфейс, с помощью которого можно обрабатывать эхосигналы. Кроме того, интерес представляет как выбранный метод исследования, так и анализ общих положений, позволяющих исследовать характеристики подводной среды с меньшими затратами, высокой эффективностью и получением более корректной информации. В случае успешной разработки математической модели и доказательства его эффективности относительно применяемых в настоящее время методов, его использование будет в некотором смысле новым способом, реализующим обработку эхосигналов. Математическая модель позволит определить достоинства и недостатки применения данного метода. В дальнейшем он может быть усовершенствован и иметь использование в различных сферах. Теоретическая значимость результатов исследования заключается в развитии математических методов описания отраженного гидроакустического сигнала, позволяющих выявить скрытые в их структуре закономерности, описывающие свойства подводного объекта. Практическая значимость результатов исследования заключается в развитии методов цифровой обработки гидроакустической информации, позволяющих создавать системы подводного видения для автономных необитаемых подводных аппаратов. Областью применения результатов является организация мониторинга акваторий для решения задачи обнаружения и идентификации неподвижных и движущихся подводных объектов.

Методы исследования включают в себя математическое моделирование сигналов и помех (в лучевом приближении), методы математического описания и распознавания сигналов, применение теории обнаружения, статистического анализа и обработки результатов натурных экспериментов.

В ходе работы разработан программный интерфейс, позволяющий обрабатывать сигналы. На основе полученных результатов проводится визуальный сравнительный анализ с имеющимися методами распознавания объектов в подводной среде.

Основная часть

Сигналы для последующей обработки были получены от различных объектов (рис. 1) в экспериментальном бассейне.



Рис. 1. Объекты исследования

Схема выглядит следующим образом. В искусственный бассейн помещен излучатель, подающий гидроакустические колебания на объект, который подвешен на нити и находится в воде. Установлены четыре приемника, к которым поступает отраженный от объекта гидроакустический сигнал.

В классическом методе Фурье необходимо: во-первых, из опыта определить коэффициенты Фурье A_k и B_k для искомой частоты сигнала и настоящей позиции «окна», которые представимы в виде

$$A_k = \sum_{n=1}^N x(n) \cos(2\pi f_{s_0} n), B_k = \sum_{n=1}^N x(n) \sin(2\pi f_{s_0} n), \quad (1)$$

под n понимается номер отсчета в рассматриваемом «окне»; в качестве k берется номер дискретного отсчета входного сигнала, которое имеет отношение к первому отсчету в подвергавшемся анализу «окне»; f_{s_0} – это разыскиваемое значение частоты сигнала; N – протяженность окна в дискретных отсчетах.

На втором шаге производится расчет квадрата усредненной огибающей Sh_k с использованием коэффициентов преобразования Фурье A_k и B_k

$$Sh_k = A_k^2 + B_k^2. \quad (2)$$

Из выборки полученных значений находится максимальное значение квадрата огибающей Sh_{\max} . В памяти фиксируется его порядковый номер k , коэффициенты A_k и B_k

Далее, необходимо сдвинуть окно на заданное смещение ds . Его значение устанавливается согласно требуемой разрешимости на рассматриваемом временном интервале. Минимальное значение – один дискретный отсчет.

Если рассматриваемый отрезок достиг конца, то фиксируется номер дискретного отсчета входного сигнала k , соответствующий последнему найденному значению Sh_{\max} . В противном случае, алгоритм продолжает свою работу и переходит к шагу 1.

Для исследования сигналов и поиска закономерностей предложен периодограммный анализ с применением метода обзора числовой совокупности или схемы Бюй-Балло. Периодограмма – инструмент, позволяющий выявить скрытые периодичности в сигнале. На основе полученной информации выдвигаются и проверяются гипотезы о принадлежности сигнала к какому-либо классу сигналов от объектов. Алгоритм заключается в следующем. Положим, что полученный сигнал от приемника содержит n отсчетов. Имеющаяся совокупность исходных значений разбивается на массивы по m величин в каждом, где m – пробное значение периодичности, принимающее значение с 1 до $n/2$. При нечетном n остаток отбрасывается. Итого получается p массивов по m величин. Для каждого m -го массива определяется среднее арифметическое. Далее, среди p полученных массивов из m элементов определяются максимальное и минимальное значение. Из их разности получают значения периодограммы для каждого m .

Данный метод построения периодограмм является редким в использовании. Например, в литературе он был применён для определения седиментационной

цикличности [3]. В данной работе будет исследована эффективность этого алгоритма.

Полученные сигналы записаны в файлы с расширением *.csv. Таблицы расшифровываются следующим образом: под количеством столбцов понимается количество отсчетов (с их значениями), то есть длительность сигнала, строк – количество приемников, их четыре. С помощью нажатия на клавишу «Открыть» появляется возможность выбрать файл, сигнал которого будет визуальным образом представлен в окне. Так как приемников несколько, то добавлена возможность просмотра сигнала и построения периодограммы с других каналов.

Для того чтобы наблюдать сигнал, отраженный от объекта, со всеми его подробностями необходимо проводить относительно длительный опыт. Вследствие этого полученный сигнал может быть достаточно длинным и помимо интересующей нас части содержать бесполезный сигнал, который образуется в связи с тем, что необходимо какое-то время пока сигнал доходит до объекта и передается приемнику. Поэтому возникает необходимость выделения полезного сигнала с целью построения корректной периодограммы.

Видно, что интересующий нас сигнал уместается в несколько сотен отсчетов (рис. 2), поэтому для построения корректной периодограммы в программный интерфейс добавлена возможность выделения мышью интересующей нас части сигнала для визуального представления и далее введение в табло отрезка, который необходимо поставить на обработку. Как показывает практика, необходимость выделения интересующего отрезка может возникнуть в тех случаях, когда приемник получает сигнал от нескольких объектов сразу (рис. 3).

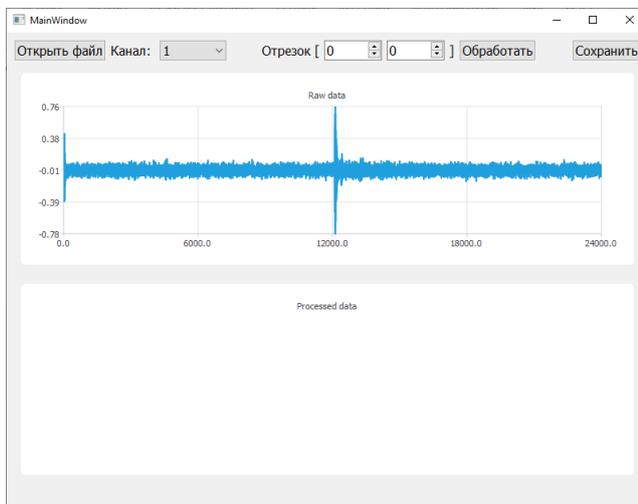


Рис. 2. Вывод сигнала

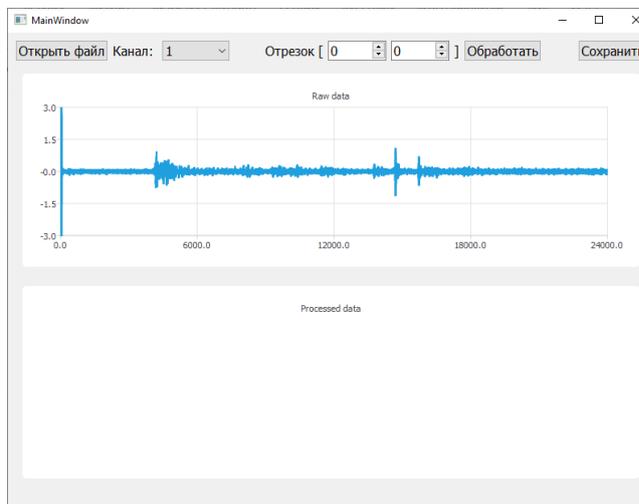


Рис. 3. Пример сигнала от нескольких объектов

Поэтому использование данной функции может иметь применение во многих задачах, которые требуют анализа и обработки сигналов. В результате применения схемы Бюй-Балло с учетом возможности выделения полезного сигнала, получаем периодограммы (рис. 4).

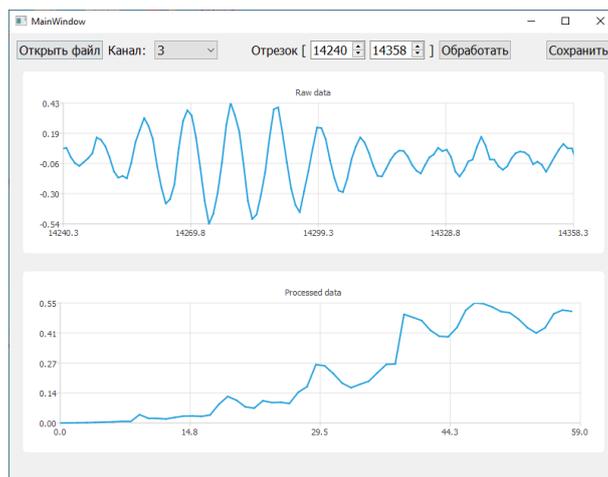


Рис. 4. Периодограмма сигнала

Предобработка данных является неотъемлемой частью анализа сигналов для последующей работы. Существует программа для регистрации и обработки данных [4]. Она позволяет управлять параметрами сигнала, вычислять характеристики, производить первичную обработку и фильтрацию сигналов.

Заключение

В ходе работы был представлен алгоритм для построения периодограммы, а также его реализация на языке C++. Разработан программный интерфейс, позволяющий не только вычислять периодограмму, но и работать с исходным сигналом для получения корректного результата. По изображениям периодограмм видны различия между сигналами для разных объектов. В дальнейшем предполагается выделение значимых параметров периодограммы, исходя из значений которых можно было бы с достаточной степенью точности определить различие или схожесть объектов. Для решения общей задачи создания системы подводного видения с целью выявления закономерностей необходимо исследовать большую выборку экспериментальных данных по различным объектам, полученных в разных условиях.

Список использованных источников и литературы

1. *Серебренников, М. Г.* Выявление скрытых периодичностей / М. Г. Серебренников, А. А. Первозванский. – Москва : Наука, 1965. – 244 с.
2. *Карбанов, И. В.* Алгоритмы обработки гидроакустических сигналов / И. В. Карбанов, А. С. Миронов. – Хабаровск : Издательство Тихоокеанского государственного университета, 2018. – С. 32–44.
3. Математические методы исследования седиментационной цикличности. Методические рекомендации / сост.: Г. Ф. Букреева, Ю. Н. Карогодин, М. А. Левчук. – Новосибирск, 1985. – 99 с.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014619980 Российская Федерация. Программа для регистрации и обработки данных в измерительной системе «СЭМА» : № 2014617640 : заявл. 01.08.2014 / В. В. Муравьев, В. А. Стрижак, А. Б. Ефремов, Е. Н. Балобанов ; заявитель Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова, ООО "Научно-производственный инженерный центр «Качество».

A. S. Tugbaeva, master's student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, anastasia_tugbaeva@mail.ru

V. N. Milich, Candidate of Engineering Sciences, Institute of Physics and Technology Udmurt Federal Research Center, mili@udman.ru

A. G. Itskov, Candidate of Physico-mathematical Sciences, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, itscov@uni.udm.ru

V. A. Shirokov, Candidate of Engineering Sciences, Institute of Physics and Technology Udmurt Federal Research Center, shirokovva@udman.ru

Software interface for processing hydroacoustic signals

Over the past decades, signal processing methods have become increasingly widespread due to the progress of computer technology and the achievement of significant results. Signal processing is understood as the process of restoring an information message that will be accessible to human perception. To achieve this goal, there are already many mathematical methods that are applied depending on the specific problem. Working with a large data sample creates the need to create signal processing systems. An equally important factor is the limited access for human experimentation in natural conditions. The aim of the work is the ability to analyze signals based on the proposed algorithms. The goal is achieved by developing a software interface that allows processing and investigating the received signals.

Keywords: Hydroacoustics, underwater object, hydroacoustic echo signal, signal processing, periodogram analysis, software interface.

А. М. Тунгускова, бакалавр, anastasiya.tunguskova@mail.ru

И. А. Кайсина, канд. техн. наук, доц., irinakaysina25@gmail.com

В. С. Кузнецов, зам. директора по инновациям ООО «Беспилотные системы»,
kvs@unmanned.ru

М. В. Шинкевич, директор ООО «ФИНКО», shinkevich@yandex.ru

А. А. Швеиц, инженер-конструктор ООО «Беспилотные системы», box0259@gmail.com

А. О. Степанов, программист ООО «Беспилотные системы», heimusharper@gmail.com

ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Концепция перспективного ПАК для автоматического определения наземных объектов и корректировки маршрута*

В статье представлена концепция перспективного программно-аппаратного комплекса на основе беспилотного воздушного судна, оснащенного бортовой системой автоматического определения наземных объектов и корректировки маршрута.

Программно-аппаратный комплекс может найти применение в дистанционном зондировании Земли и мониторинге; сельском хозяйстве; поиске и спасании; связи и телекоммуникации; развитии технологий беспилотного воздушного судна; автоматическом поиске, классификации объектов и т. д.

Ключевыми особенностями программно-аппаратного комплекса будут такие возможности, как выполнение обработки данных на борту; возможность автономной корректировки маршрута.

Целями разработки являются: расширение спектра решаемых задач при помощи беспилотного воздушного судна; повышение производительности при решении задач мониторинга; повышение автономности беспилотного воздушного судна.

Ключевые слова: программно-аппаратный комплекс, беспилотное воздушное судно, искусственный интеллект, объект интереса, полезная нагрузка, автоматизация.

Введение

В настоящее время технологии активно развиваются. Одним из ярких примеров является разработка беспилотного воздушного судна (далее БВС). Они управляются и контролируются в полете пилотом, который находится вне борта. В источнике [1] были рассмотрены перспективы развития БВС. Сами БВС существуют достаточно давно, с прошлого века и в течение последних трех десятилетий в этой области произошел настоящий прорыв. Миниатюризация вычислительных систем и развитие спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС) позволили создавать БВС, у которых габариты, масса, а главное, стоимость на порядки меньше прежних. Сейчас прогресс в развитии гражданских беспилотных систем имеет высокий темп, сформировалась новая индустрия услуг. В статье

Н. А. Федосеевой [2] можно выделить перспективные области, в которых применяются БВС. Это такие области, как аэрофотосъемка местности, дистанционный контроль состояния нефтепроводов и газопроводов, а также мониторинг за состоянием движущихся объектов и т. д.

Поскольку увеличивается потребность в БВС, то необходимо активно поддерживать данную отрасль, внедряя новые технологии. Создание программно-аппаратного комплекса (далее ПАК) будет являться трендовым решением для БВС. В источнике [3] рассмотрены методики оценки производительности бортовых цифровых вычислительных машин, которые используются в управлении современных БВС. Предлагаемая методика позволяет определить необходимые мощности для реализации того или иного алгоритма управления движущимся объектом. Другое известное решение раскрыто в работе [4] Елизарьева. Им была предложена разработка ПАК, который может управлять системой с полностью автоматически перемещающимися БВС в пространстве, выполняя перечень инструкций, заложенных в программу.

В данной же статье будет предложена новая концепция ПАК, для автоматического определения наземных объектов и корректировки маршрута. ПАК можно на программную и аппаратную части. В аппаратную часть можно отнести такие компоненты как микрокомпьютеры (Jetson Xavier NX или отечественные аналоги), а также дополнительные модули. Программную часть, в свою очередь, можно разделить на работу с автопилотом и работу нейронных сетей. В данной статье рассматривается каждая часть предлагаемого ПАК. Его целью будет являться как распознавание объектов интереса (ОИ) по потоку видеоданных, так и принятие решений на основе полученных данных. На рис. 1 представлена упрощенная схема работы ПАК.

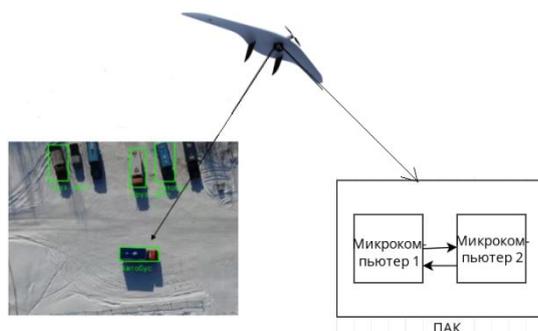


Рис. 1. Упрощенная схема работы ПАК

На борту БВС находится ПАК, который, как упоминалось ранее, имеет микрокомпьютеры. Принцип работы ПАК заключается в следующем: на один из микрокомпьютеров принимается видеопоток с видеокamеры, после обработки видеопотока и его объединения с телеметрией данные переходят на другой микрокомпьютер. При этом на втором микрокомпьютере установлены заранее обученные нейронные сети для идентификации ОИ. После идентификации ОИ с определенным процентом точности, первый микрокомпьютер может связаться с автопилотом для выполнения заранее заложенных действий.

Аппаратная часть ПАК

В состав ПАК должны входить микрокомпьютеры для обеспечения распознавания ОИ и корректировки маршрута. Благодаря своей мощности, микрокомпьютер обеспечивает параллельную работу нескольких нейронных сетей и обработку данных с нескольких датчиков высокого разрешения, что необходимо для систем искусственного интеллекта (ИИ).

На рис. 2 представлена структурная схема ПАК. Для полноценного функционирования ПАК необходимы дополнительные модули, такие как коммутатор, полезная нагрузка (ПН), автопилот и модуль связи.

Роль коммутатора заключается в выполнении маршрутизации между ПН, каналом связи и микрокомпьютерами. Состав ПН может изменяться в зависимости от сценария проведения миссии и требований заказчика. Так, могут использоваться камеры, тепловизоры, лидары и другие ПН. Автопилот записывает лог-файлы, поддерживает заданное пространственное положение, выполняет маневры в зависимости от ОИ, определяет маршрут движения. Модуль связи отвечает за соединение между наземной станцией и БВС.

Предполагается, что данный комплекс будет устанавливаться в БВС. При этом предусмотрена модульность, что позволяет использовать ПАК в нескольких решениях.

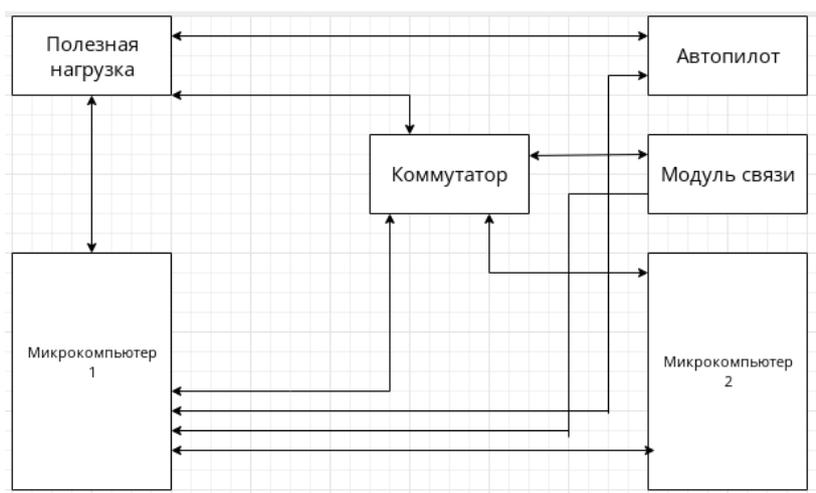


Рис. 2. Структурная схема ПАК

ПАК может применяться в таких областях, как:

- мониторинг объектов нефтегазовой промышленности;
- мониторинг объектов электроэнергетической промышленности;
- мониторинг автотрасс (рис. 3);
- мониторинг мест ЧС;
- поисково-спасательные мероприятия;
- геодезия/маркшейдерское дело/кадастр;
- строительство;
- мониторинг дорожной обстановки;
- мониторинг объектов капитального строительства;
- исследование земной поверхности;

- учет численности популяции диких животных;
- экологический мониторинг (рис. 4);
- автоматический поиск, классификация объектов и т. д.



Рис. 3. Система автоматического удержания и сопровождения ОИ (встроенная в БВС)

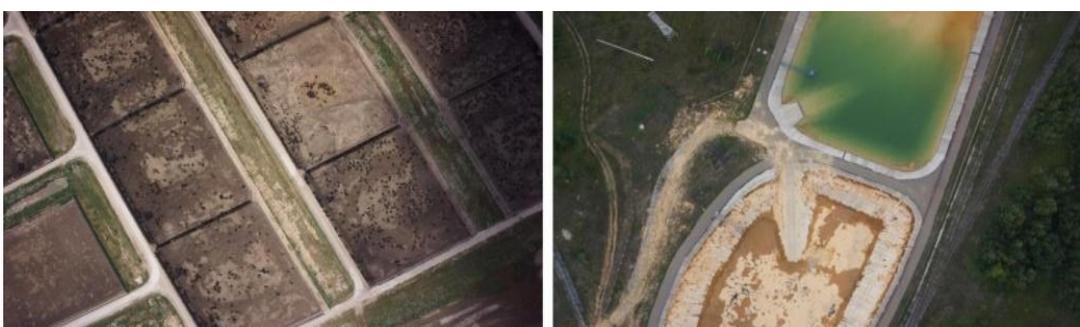


Рис. 4. Ежедневный мониторинг за состоянием природных ресурсов

Важными целями становятся автоматическое распознавание ОИ по потоку видеоданных, а также принятие решений на борту БВС. В результате ПАК должен обеспечивать:

- достоверное определение объектов на земной поверхности непосредственно на борту БВС, используя предварительно подготовленные профили по основным типам мониторинга;
- передачу данных по обнаруженным объектам потребителям информации;
- корректировку заданного маршрута БВС по определенным правилам в зависимости от типа обнаруженного объекта.

Программная часть

Для качественной работы необходимо логически разбить работу ПАК на две части: работа с автопилотом БВС и работа нейронных сетей.

Программы для корректной работы с автопилотом БВС можно также разделить на:

1. Кроссплатформенное программное обеспечение – графический интерфейс пользователя для сервера управления БВС, который будет позволять формировать полетные задания, передавать команды БВС и отображать телеметрию в реальном времени (рис. 5) [5].

2. Программное обеспечение, которое позволит создать HTTP-сервер, формирующий изображение в формате JPEG, включающем бортовую телеметрию БВС в описании EXIF. На входе принимаются видеопоток и телеметрия, совместимая с протоколом mavlink от сервера телеметрии.

3. Серверное программное обеспечение, представляющее унифицированные интерфейсы управления БВС без привязки к протоколу. В зависимости от конфигурации может:

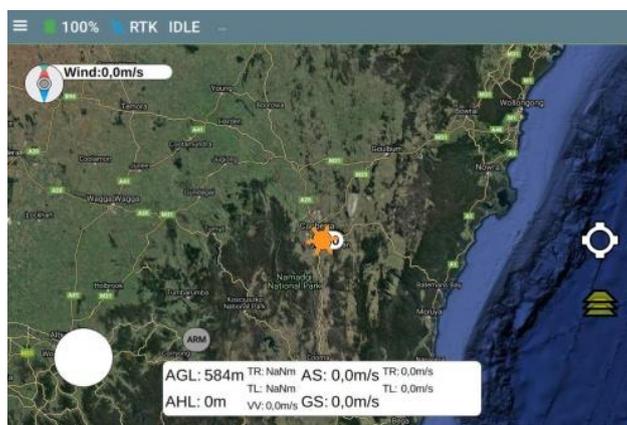


Рис. 5. Интерфейс пользователя клиента сервера управления БВС

а. Выступать как сервер телеметрии для графического пользовательского интерфейса по протоколу gRPC. Оно позволит управлять полетом, получать телеметрию, манипулировать полетными заданиями БВС.

б. Бортовое программное обеспечение автоматического принятия решений, получающее команды по каналу связи автопилота или другому доступному [6].

Нейронные сети

На сегодняшний день БВС может осуществить мониторинг местности, при этом либо оператор обнаруживает ОИ, либо, на последующих этапах, дешифровщик идентифицирует ОИ. Следовательно, данный процесс не автоматизирован. Для сокращения как экономических, так и человеческих затрат необходимо внедрять новые технологии для автоматизации процесса. Это может позволить повысить надежность и точность распознаваний за счет отсутствия возможности допущения ошибки из-за человеческого фактора.

Для выполнения задач без участия оператора, т. е. в автоматическом режиме, необходимо использовать заранее обученные нейронные сети для первичного обнаружения и удержания ОИ в поле зрения. При этом для обучения сети предварительно необходимо собрать большой объем данных для разметки и обучения.

Сбор данных, разметка, обучение нейронной сети является тематикой отдельных исследований, в данной статье представлена лишь общая концепция ПАК.

Заключение

Предлагаемый ПАК будет способствовать увеличению автономности БВС, так как его основным назначением является автоматическое распознавание ОИ по потоку видеоданных и принятие решений на основе полученных данных.

Перспективный ПАК будет интересен ряду заказчиков, поскольку при его продаже существует возможность создания отдельных профилей, которые будут соответствовать специфике деятельности каждого заказчика. Например, для

мониторинга дорожной обстановки профиль будет содержать объекты легковых, грузовых автомобилей и т. д.

Список использованных источников и литературы

1. *Просвирина, Н. В.* Анализ и перспективы развития беспилотных летательных аппаратов // Московский экономический журнал. – 2021. – № 10. – С. 560–575.
2. *Федосеева, Н. А.* Перспективные области применения беспилотных летательных аппаратов / Н. А. Федосеева, М. В. Загвоздкин // Научный журнал. – 2017. – № 9 (22). – С. 26–29.
3. *Илюхин, С. Н.* Оценка производительности бортового вычислителя беспилотного летательного аппарата при реализации процесса наведения / С. Н. Илюхин, А. Н. Клишин // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2018. – № 7 (79). – С. 6.
4. *Елизарьев, Н. В.* Выбор компонентов программно-аппаратного комплекса управления беспилотными воздушными судами / Н. В. Елизарьев, С. Н. Ефимов // Решетневские чтения : материалы XXIV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических – Красноярск : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева», 2020. – С. 289–290.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665199 Российская Федерация. Supercam-m : № 2021664386 : заявл. 14.09.2021 : опубл. 21.09.2021 / А. О. Степанов ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Беспилотные системы».
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021666045 Российская Федерация. SGCS v.1 : № 2021664903 : заявл. 27.09.2021 : опубл. 06.10.2021 / А. О. Степанов ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Беспилотные системы».

A. M. Tunguskova, bachelor student, Kalashnikov ISTU

I. A. Kaisina, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU

V. S. Kuznetsov, Deputy Director for Innovation of LLC «Unmanned systems»

M. V. Shinkevich, Director of LLC «FINKO»

A. O. Stepanov, Programmer of LLC «Unmanned systems»

A. A. Shvets, Design engineer of LLC «Unmanned systems»

The concept of a promising HSC for automatic detection of ground objects and route adjustments

The article presents the concept of a promising hardware and software complex based on an unmanned aerial vehicle equipped with an on-board system for automatic detection of ground objects and route correction.

The key features of the hardware and software complex will be such features as:

- performing data processing on board the unmanned aerial vehicle;
- possibility of autonomous route adjustment.

The study was carried out under the Agreement 615GRNTIS5/63369 dated 03.12.2020 Fund for the Promotion of Innovation

Keywords: hardware and software complex, unmanned aerial vehicle, artificial intelligence, object of interest, automation.

А. А. Федорова, бакалавр, fiodorova.nastia2011@yandex.ru
А. В. Седова, канд. наук., доц., sedovaanastasiia@yandex.com
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Градостроительный анализ зарубежных и отечественных аналогов научно-исследовательских центров

Наука является основным движущим механизмом в современном мире. В связи с динамичным развитием высокотехнологичных отраслей науки и бизнеса все большее значение приобретают инновационно-технологические структуры. В последнее время внимание уделяется преимущественно научным публикациям, стартапам, исследованиям, нанотехнологическим продуктам и технологиям. Одной из прогрессивных областей науки и техники считается нанотехнологии. Интерес страны к nano-индустрии продолжает расти.

Данная статья направлена на анализ особенностей организации земельных участков при проектировании научно-исследовательских центров. Автором проведен анализ отечественного и зарубежного опыта по размещению данных объектов в городах. На основании чего были рассмотрены достоинства и недостатки градостроительного размещения научно-исследовательских центров и выработаны основные принципы их размещения.

Ключевые слова: градостроительство, отечественный опыт, зарубежный опыт, научно-исследовательский центр, нанотехнологии.

Введение

Наука является основным движущим механизмом в современном мире. Начиная со второй половины XX столетия запустился процесс научно-технической революции. Интенсивно шла гонка вооружений, что повлияло на совершенствование науки, системы образования. Это привело к созданию новых технологий, разработок, на основе которых получаемый конечный продукт используется и применяется в различных сферах. В связи с этим темпы развития высокотехнологичных отраслей науки приобретают динамический характер, а именно: повышенный спрос на разработку инновационной продукции, модернизация существующих разработок, поиск исключительно новых предложений и их решений. Поэтому инновационно-технологические структуры приобретают все большее значение на сегодняшний день.

Одной из прогрессивных и перспективных областей науки и техники считаются нанотехнологии. Интерес страны к nanoиндустрии продолжает расти, несмотря на экономический кризис. В последнее время появляются все больше научных публикаций, стартапов, исследований, нанотехнологических продук-

тов и технологий. Например, одним из таких разработок, получивший патент, является градостроительный робот [1]. Программное обеспечение автоматически выполняет архитектурно-градостроительный анализ участка, в том числе разработку концепций, технико-экономических показателей и др.

Важную роль в процессе разработки научных исследований и создании новых технологий играют высшие учебные заведения. В настоящее время они стали научными центрами. Такие центры являются ядром в сфере образования и культуры, выводя социально-экономическую индустрию на новый уровень. Целями научно-исследовательских центров (НИЦ) являются: экономическое развитие территории; развитие новых наукоемких и высокотехнологических отраслей; стимулирование и коммерциализация результатов научных исследований и разработок.

Проблематика

По данным «Обзора исследовательской активности в России: продуктивность, качество, использование ресурсов Elsevier» [2] можно сделать вывод, что научная деятельность в стране имеет большой разрыв по сравнению со странами как Китай и США по количественному показателю публикаций, а также менее востребована в мире. Таким образом, имеется предположение, что одним из факторов, замедляющих прогрессивность и высокий рост научной деятельности в области нанотехнологий, является неразвитость и недостаток объектов инфраструктуры научно-исследовательских центров.

В связи с этим особое значение и актуальность в последнее время приобретают вопросы создания научных центров в сфере нанотехнологий.

Основные проблемы в существующих объектах образования

С точки зрения организации территории высших учебных заведений в России большее их количество носят изолированный характер [3]. Территория данных объектов направлена на пользование студентами и сотрудниками, это говорит о том, что объект инфраструктуры имеет узкий круг потенциальных потребителей.

Территориальное расположение корпусов часто рассредоточено по всему городу. Расстояние между ними не регламентировано. Если сравнивать с европейскими городами, то расстояние между точками в среднем гораздо меньше.

Важный аспект в разработке генерального плана – это функциональное наполнение [4]. В него входит зонирование участка: зоны отдыха с посадочными местами, площади для торжественных мероприятий, рациональные пешеходные и велосипедные транзитные пути, хозяйственная зона, зеленые зоны. По ряду причин объекты лишены подобных территорий.

Проблемы аспектов архитектуры и градостроительства, характерные для существующих образовательных центров:

- ограниченный круг пользователей объектов высшего образования;
- отсутствие визуальной выразительности архитектуры;
- рассредоточенность местоположения корпусов;
- несоблюдение норм транспортной доступности, неорганизованные велосипедные маршруты, нерациональные пешеходные маршруты;

- отсутствие/недостаток рекреационных или зеленых зон в благоустройстве.

Для поддержки научных разработок в области нанотехнологий в стране требуется строительство инновационных кварталов мирового уровня. При проектировании важно учитывать тенденции, которые применяются архитекторами при проектировании и строительстве НИЦ по всему миру. Подход к проектированию также нуждается в новых архитектурно-пространственных решениях.

Поэтому в данной статье рассматривается вопрос о градостроительных факторах, влияющих на размещение научно-исследовательского центра.

Цель работы – выявить тенденции градостроительного аспекта в проектировании НИЦ на примерах отечественного и зарубежного опыта.

Перед работой над анализом мировых примеров стоит несколько задач:

1. Характеристика градостроительного размещения научно-исследовательских центров.

2. Рассмотрение достоинств и недостатков размещения зданий НИЦ в градостроительном контексте.

3. Получение основных принципов размещения данных объектов.

Для анализа и сравнения опыта строительства исследовательских центров рассматриваются 6 аналогов: 3 аналога зарубежного строительства и 3 аналога отечественного.

Анализ аналогов

Градостроительный анализ отечественных аналогов

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС «КРУНИТ»

Архитекторы: Проектное бюро «Крупный план».

Статус: реализован.

Год реализации: 2019.

НПК «Крунит» – первый проект в Москве с пространствами для офисов под наукоемкие и исследовательские производства (рис. 1).

1) *Размещение.* Удаленность от центра города составляет 7,8 км (рис. 2).

2) *Инфраструктура.* В радиусе пешеходной доступности: медицинские учреждения, здания органов власти, образовательные учреждения, жилая застройка, магазины. Преобладают промышленная и жилая зоны (рис.3).

3) *Транспортные пути.* Располагается в 20м от дороги местного значения, в 700м от дороги районного значения, в 600м от дороги межрегионального значения (рис. 3).

4) *Территория объекта НИЦ. Озеленение.* Участок строительства вытянут с севера на юг. Наличие озелененных участков в непосредственной близости (рис. 4).

5) *Плотность застройки.* Плотно застроенный квартал.

Достоинства:

- наземный паркинг более 100 машино-мест и гостевая парковка;
- развитая инфраструктура района;
- шаговая доступность до метро, остановок;
- удобные транспортные подъездные пути;

– обильное озеленение окружающих территорий оказывает положительное влияние на экологичность местоположения.

Недостатки:

– окружающая территория не имеет специально выделенных зон для посетителей: зон отдыха, прогулочных зон и выставочных;

– отсутствуют пешеходные пути и велосипедные дорожки на территории НИЦ.



Рис. 1. Научно-производственный комплекс «Крунит»/ Архитектурное бюро «Крупный план». Визуализация



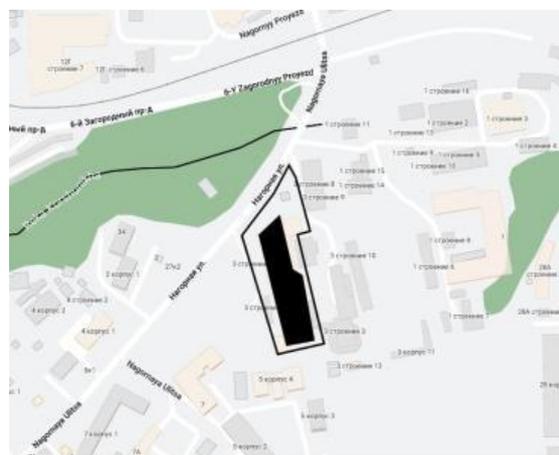
Границы города Местонахождение в контексте города

Рис. 2. Расположение научного центра контексте города



● Местоположение
Жилая застройка Главные дороги Бизнес и услуги Второстепенные дороги Промышленная застройка

Рис. 3. Инфраструктура и дорожная сеть



Границы участка Главное здание

Рис. 4. Территория объекта НИЦ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «R&DRенова»

Архитекторы: EGM Architecten.

Статус: реализован.

Год реализации: 2016.

Здание научно-исследовательского центра (рис. 5) включается в себя производственно-лабораторные площади и офисы. Концепция здания была задумана как сочетание урбанистического брутального экстерьера.

1) *Размещение.* Удаленность от центра города составляет 19,7 км (рис. 6).

2) *Инфраструктура.* В радиусе пешеходной доступности: здания бизнеса и услуг, образовательные учреждения, жилая застройка (рис. 7). Преобладают зона бизнеса, услуг и промышленная зона.

3) *Транспортные пути.* Располагается в 54м от дороги местного значения, в 400м от дороги государственного значения (рис. 7).

4) *Территория объекта НИЦ. Озеленение.* Участок строительства неправильной формы. Минимальное озеленение прилегающих территорий (рис. 8).

5) *Плотность застройки.* Слабовыраженная плотность застройки квартала.

Достоинства:

- наземный паркинг на 50 машино-мест, гостевая парковка;
- среднеразвитая инфраструктура района;
- окружающая территория со специально выделенными зонами для посетителей зон отдыха. Среднеразвитая рекреация.
- транспортная доступность. Наличие автобусных остановок, расстояние до которых составляет 130 м, 600 м и 1,8 км.

Недостатки:

- плохая транспортная развязка;
- нерациональные пешеходные пути и велосипедные дорожки;
- отсутствует жилая застройка, к территории прилегает лишь частный жилой сектор;
- недостаток озелененных территорий, располагающихся в непосредственной близости к НИЦ.



Рис. 5. Научно-исследовательский центр «R&D Ренова» / EGM Architecten. Вид сверху. Визуализация

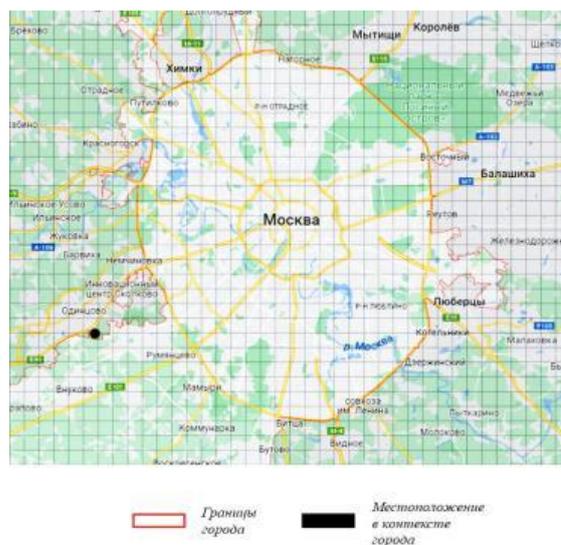


Рис. 6. Расположение научного центра в контексте города

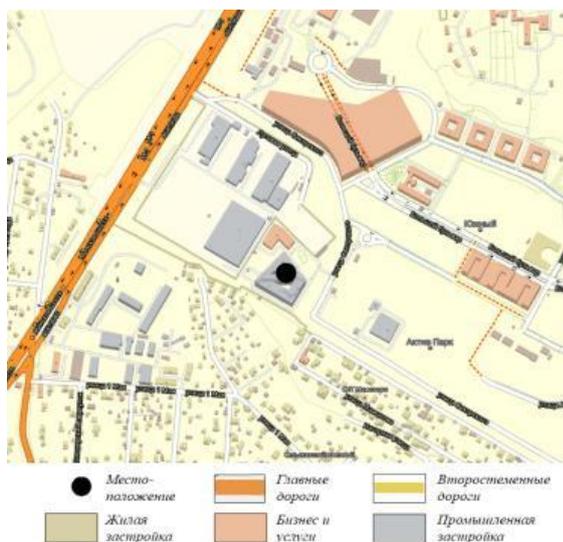


Рис. 7. Инфраструктура и дорожная сеть



Рис. 8. Территория объекта НИЦ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПАО «ТАТНЕФТЬ»

Архитекторы: Arcanika, Arteza, StudioKD.

Статус: реализован.

Год реализации: 2020.

Реновация научно-технического центра «Татнефть» в Сколково (рис. 9). В рамках реконструкции проектировались фасады здания, интерьеры функциональных зон, навигация и благоустройство территории.

1) *Размещение.* Удаленность от центра города составляет 19,5 км (рис. 10).

2) *Инфраструктура.* В радиусе пешеходной доступности: образовательные учреждения, здания бизнеса и услуг (рис. 11). Преобладают зона бизнеса, услуг и промышленная зона.

3) *Транспортные пути.* Располагается в 30 м от дороги местного значения, в 600 м от дороги государственного значения (рис. 11).

4) *Территория объекта НИЦ. Озеленение.* Участок строительства вытянут с северо-запада на юго-восток. Слабовыраженное озеленение прилегающих территорий (рис. 12).

5) *Плотность застройки.* Минимальная плотность застройки квартала

Достоинства:

- наземный паркинг, велопарковки;
- среднеразвитая инфраструктура района;
- окружающая территория со специально выделенными зонами для посетителей: зоны отдыха, прогулочные зоны, зоны проведения мероприятий и событий. Хорошо развиты рекреационные пространства;
- транспортная доступность. Наличие только автобусных остановок, расстояние до которых составляет 130 м.

Недостатки:

- плохая транспортная развязка;
- отсутствует жилая застройка.

– недостаток озелененных территорий, располагающихся в непосредственной близости к НИЦ.

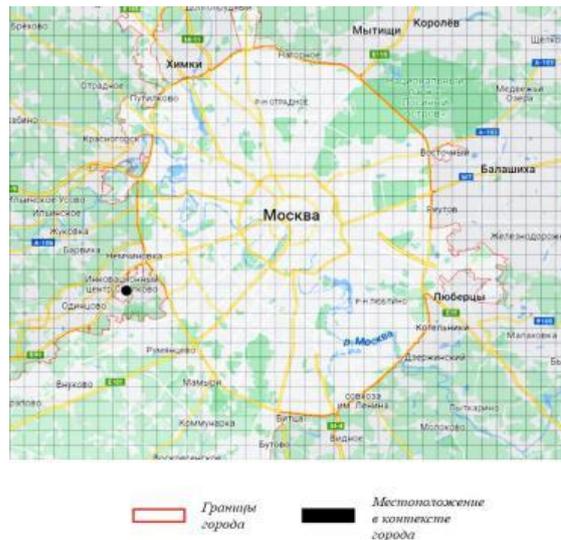


Рис. 9. Научно-технический центр Татнефть/ Arcanika, Arteza, StudioKD. Вид сверху. Фотография Данила Анненкова

Рис. 10. Расположение научного центра в контексте города

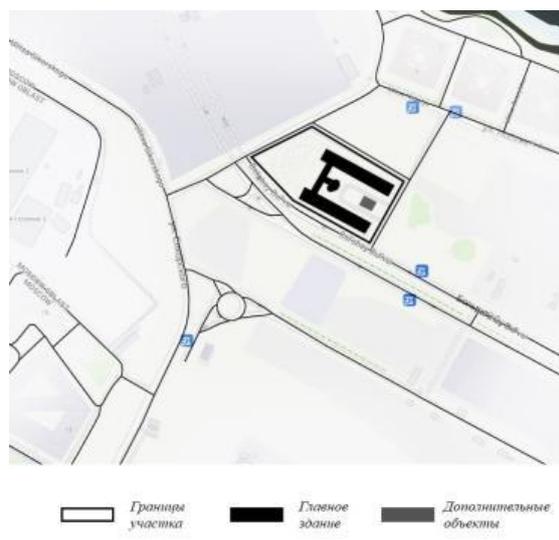
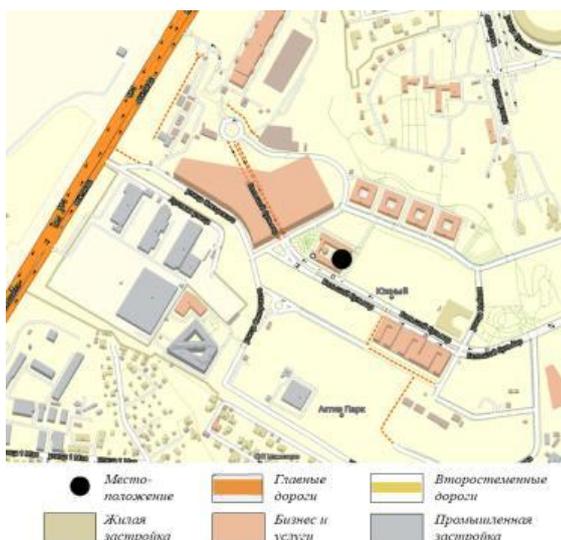


Рис. 11. Инфраструктура и дорожная сеть

Рис. 12. Территория объекта НИЦ

**Градостроительный анализ зарубежных аналогов
ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ТРАДИЦИОННЫХ ОТРАСЛЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Архитекторы: MAEU/MAYU Architects.

Статус: реализован.

Год реализации: 2017.

Этот проект представляет собой инкубационный центр, состоящий из офисов, исследовательских залов, конференц-зала и выставочных галерей, а также трех интеллектуальных производственных лабораторий (рис. 13).

1) *Размещение.* Удаленность от центра города составляет 12,3 км (рис. 14).

2) *Инфраструктура.* В радиусе пешеходной доступности: промышленные объекты, медицинские учреждения, жилая застройка, объекты бизнеса и услуг. Преобладает промышленная зона.

3) *Транспортные пути.* Располагается в 50 м от дороги местного значения, в 200м от дороги районного значения, в 400м от дороги межрегионального значения (рис. 15).

4) *Территория объекта НИЦ. Озеленение.* Участок строительства вытянут с севера на юг (рис. 16). Ярко выражено озеленение прилегающих территорий.

5) *Плотность застройки.* Плотно застроенный квартал по северную и восточную сторону.

Достоинства:

- наземный паркинг, велопарковки;
- среднеразвитая инфраструктура района;
- окружающая территория со специально выделенными зонами для посетителей: зон отдыха, прогулочных зон, зон проведения мероприятий и событий. Хорошо развиты рекреационные пространства;
- обильное озеленение окружающих территорий оказывает положительное влияние на экологичность местоположения;
- транспортная доступность. Наличие только автобусных остановок, расстояние до которых составляет 130м;

Недостатки:

- плохая транспортная развязка;
- отсутствует жилая застройка.



Рис. 13. Traditional Industries Innovation Center MOEA / MAYU Architects. Северный фасад. Фотография: Студия Шона Лю



Рис. 14. Расположение научного центра в контексте города



● Местоположение
 — Главные дороги
 — Второстепенные дороги

Рис. 15. Дорожная сеть



□ Границы участка
 ■ Главное здание
 ■ Дополнительные объекты

Рис. 16. Территория объекта НИЦ

БИОЦЕНТР – УНИВЕРСИТЕТСКИЕ ИННОВАЦИИ

Архитекторы: KATUŠIĆ KOŠBEK ARCHITECTS.

Статус: реализован.

Год реализации: 2015.

Здание Биоцентра имеет круглую форму (рис. 17). В то же время коммуникационный кольцевой коридор – это непрерывная связь между лабораториями, которая не имеет ни начала, ни конца, ни иерархии между отдельными пространствами.

1) *Размещение.* Удаленность от центра города составляет 4,8 км (рис. 18).

2) *Инфраструктура.* В радиусе пешеходной доступности: образовательные учреждения, жилая застройка, спортивные сооружения, объекты религии. Преобладает образовательная зона.

3) *Транспортные пути.* Располагается в 74 м от дороги местного значения, в 1,3 км от дороги межрегионального значения (рис. 19).

4) *Территория объекта НИЦ. Озеленение.* Участок строительства вытянут с запада на восток (рис. 20). Ярко выражено озеленение прилегающих территорий;

5) *Плотность застройки.* Квартал слабо застроен.

Достоинства:

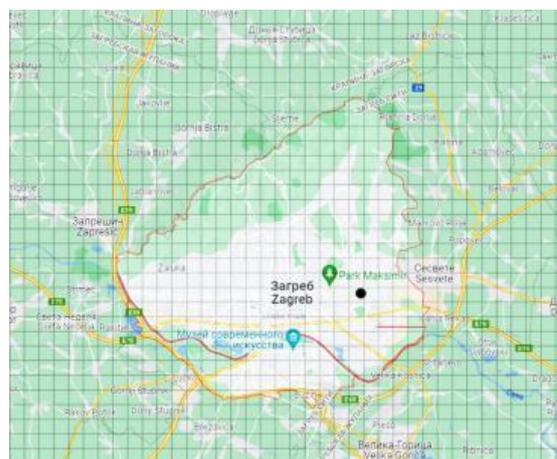
- наземный паркинг, велопарковки;
- обильное озеленение окружающих территорий оказывает положительное влияние на экологичность местоположения.
- транспортная доступность. В радиусе пешеходной доступности автобусные остановки, расстояние до которых варьируется от 200 до 650 м.

Недостатки:

- отсутствует жилая застройка. Имеется исключительно лишь застройка частного жилого сектора;
- малоразвитая инфраструктура района;
- окружающая территория не содержит зон для посетителей: зон отдыха, прогулочных зон и выставочных.



Рис. 17. University Innovation - Biocenter / KATUŠIĆ KOŠVEK ARCHITECTS. Вид сверху. Фотография: Миленко Бернфест



Границы города Место нахождения в контексте города

Рис. 18. Расположение научного центра в контексте города.



Место-положение Главные дороги Второстепенные дороги

Рис. 19. Дорожная сеть



Границы участка Главное здание Дополнительные объекты

Рис. 20. Территория объекта НИЦ

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР

Архитекторы: HENN.

Статус: реализован.

Год реализации: 2018.

Научно-технический кампус в Дармштадте (Германия) состоит из двух объектов, соединенных переходом по первому этажу. Это единый комплекс для научных исследований (рис. 21).

1) *Размещение.* Удаленность от центра города составляет 2,4 км (рис. 22).

2) *Инфраструктура.* В радиусе пешеходной доступности: жилая застройка, объекты бизнеса и услуг, медицинские учреждения. Преобладает застройка медицинскими объектами.

3) *Транспортные пути.* Располагается в 60м от дороги межрегионального значения и трамвайных путей (рис. 23).

4) *Территория объекта НИЦ. Озеленение.* Участок строительства вытянут с запада на восток (рис. 24). Слабовыраженное озеленение прилегающих территорий.

5) *Плотность застройки.* Плотно застроенный квартал.

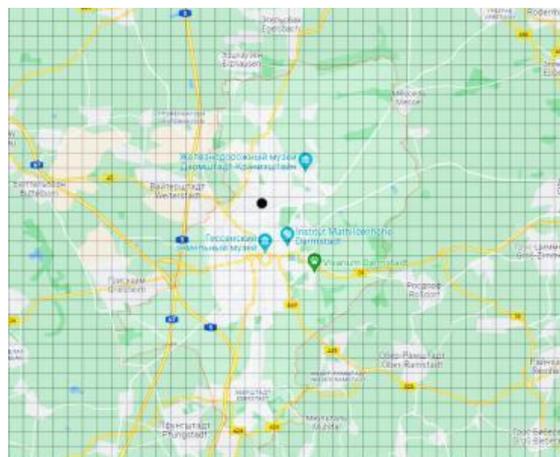
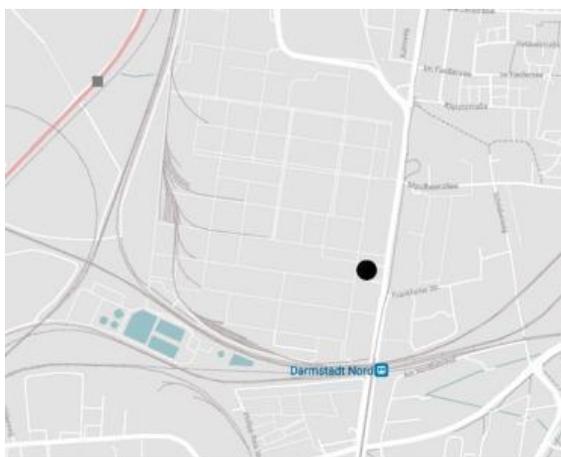


Рис. 21. Merck Innovation Center / HENN.
Вид с главного фасада.
Фотография: HGEsch, Хеннеф

Рис. 22. Расположение научного центра
в контексте города



● Местоположение
— Главные дороги
— Второстепенные дороги

□ Границы участка
■ Главное здание

Рис. 23. Дорожная сеть

Рис. 24. Территория объекта НИЦ

Достоинства:

– окружающая территория со специально выделенными зонами для посетителей: зон отдыха, прогулочных зон, зон проведения мероприятий и событий. Хорошо развиты рекреационные пространства;

– транспортная доступность. В радиусе пешеходной доступности автобусные остановки, расстояние до которых варьируется от 200м до 650м;

- хорошо развита инфраструктура района.
- крытый паркинг в непосредственной близости от территории объекта строительства.

Недостатки:

- не найдены автомобильные парковочные места;
- недостаток озелененных территорий, располагающихся в непосредственной близости к НИЦ.

Заключение

Выделены следующие особенности градостроительного размещения объектов научно-исследовательских центров.

Удаленность от центра города в трех из шести аналогов составили более 10 км, соответственно, иные три аналога размещаются на расстоянии менее 10 км. При этом следует заметить, что здания отечественных аналогов располагаются более удаленно от центра, по сравнению с примерами зарубежного опыта.

В окружающей инфраструктуре в четырех из шести примеров НИЦ наблюдается преобладание объектов промышленного направления, из них два аналога имеются здания бизнеса и услуг. Остальные два аналога размещаются с образовательными либо медицинскими объектами.

Здания НИЦ размещаются как в плотной застройке, так и в малоэтажных кварталах.

Рассматриваемые аналоги располагаются в среднем в 20–50 м от дорог местного значения. Четыре из шести объектов удалены от дорог межрегионального значения на 400–600 м. Местоположение одного здания на расстоянии более километра, другого – в непосредственной близости.

Важную роль играет озеленение окружающих территорий. Обильное озеленение наблюдается в трех из шести примеров, соответственно, в остальных аналогах оно слабо выражено, что влияет на уровень экологичности местности.

Таким образом, по результатам анализа аналогов сформировались следующие принципы размещения НИЦ:

1. Удаленность местоположения объекта от центра города при отечественном проектировании.
2. Привязка объекта к промышленным или образовательным зонам.
3. Развитость инфраструктуры. В пяти из шести аналогов НИЦ присутствует развитая и среднеразвитая окружающая инфраструктура. Многообразие инфраструктурных единиц влияет на плотность застройки. Поэтому для размещения научных центров следует делать полный градостроительный анализ так, чтобы важные инфраструктурные элементы располагались в пешеходной доступности, например точки общественного питания, точки для проведения досуга и т. д.
4. Хранение транспорта. Наличие наземного или подземного паркинга, в том числе гостевых парковочных мест, с рациональным размещением на участке проектирования, специально предусмотренные места для велосипедов. На

развитость места посадки объекта также сказывается дорожная сеть. В двух аналогах дорожная сеть недостаточно благоприятна для передвижения автомобильного транспорта.

5. Транспортная доступность. Важным аспектом размещения является шаговая доступность остановок общественного транспорта: метро, автобусные, троллейбусные и трамвайные остановки. В пяти из шести аналогов в радиусе доступности имеются только автобусные остановки.

6. Размещение пешеходных и велосипедных дорожек. Имеются объекты, в которых пешеходные транзитные пути расположены не рационально. Следует отметить, что во всех примера отсутствуют специально выделенные велосипедные дорожки, что влияет на движение пешеходных потоков людей.

7. Экологичность размещения здания НИЦ. Озеленение участка и прилегающих территорий благоприятно влияет как на экосистему местности, так и места приложения труда. Данный аспект слабо развит в трех из шести примеров.

8. Разделение территории на функциональные зоны. В двух из шести аналогах не предусмотрено зонирование участка на зоны отдыха, выставочные зоны, зоны проведения мероприятий и событий, прогулочные зоны и т. д. Следовательно, зонированию территории должно уделяться особое внимание при проектировании здания НИЦ.

Список использованных источников и литературы

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019610212 Российская Федерация. Градостроительный робот : № 2018664660 : заявл. 18.12.2018 : опубл. 09.01.2019 / А. А. Алмазов, Т. И. Арсланов, А. В. Гетманский [и др.] ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "ПИК-Проект". – EDN EPZDON;

2. «Обзор исследовательской активности в России: продуктивность, качество, использование ресурсов Elsevier 2018-2021 гг.», URL: <https://view.highspot.com/viewer/62020f3e4f6f80eb222bbd7c> (дата обращения 28.03.2022);

3. Кондаков, И. А. Научно-инновационный центр: сущность, критерии и варианты его формирования / И. А. Кондаков // Экономические и социальные перемены в регионе: факты, тенденции, прогноз. – 2008. – № 1(41). – С. 37-44. – EDN OPQFDL.

4. Каземи Л.Г. Особенности формирования генерального плана научных центров // Кафедра архитектурного проектирования гражданских зданий и сооружений Киевский национальный университет строительства и архитектуры.

A.Fedorova, Undergraduate Student, fedorova.nastia2011@yandex.ru

A. Sedova, Ph, assistant professor, sedovaanastasiia@yandex.com

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Town-planning analysis of best practice in the design of centres for scientific research

Science is the main driving mechanism in the world today. Innovative and technological structures become more and more important, because now high-tech industries of science and business have dynamic development. In recent times attention is paid to scientific publi-

cations, startups, researches, nanotechnology products and technologies. Nanotechnology is the one of progressive fields of science and technologies. Interest of our country to nanoindustry continues to grow.

The purpose of the article is to analyze features of organization of land plots in the designing scientific research centres. The author conducted an analysis nation and foreign experience in the placement of similar objects in cities. The analysis considered advantages and disadvantages of scientific research centres. The author proposed fundamental principles their placements.

Keywords: urban planning, nation experience, foreign experience, scientific research centre, nanotechnology.

И. В. Чури́н, студент, igor.churin19@gmail.com
Ю. Л. Караваев, канд. физ.-мат. наук, доц.
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Использование сегментационных нейронных сетей для ускоренного обнаружения объектов на изображении

Целью данной научной работы является ускорение процесса нахождения объектов на изображении с использованием для этого сегментационных нейронных сетей. Методикой исследования является использование открытых наборов данных для сравнения скорости и точности работы основных архитектур нейронных сетей для нахождения объектов и подхода, используемого в этой статье. В результате исследований стало известно, что разработанный алгоритм ускоряет нахождения объектов на изображении от двадцати до двух тысяч раз, не теряя при этом точности работы.

Ключевые слова: сегментация, нахождение объектов, искусственный интеллект, нейронные сети, компьютерное зрение.

Введение

На данный момент компьютерное зрение, а именно – нахождение объектов и их классификация, применяется во многих сферах жизнедеятельности от видеонаблюдения до медицины. Для решения задачи нахождения объектов на изображении применяются нейронные сети со следующими архитектурами: архитектуры, которые проходятся по изображению несколько раз для предсказания местоположения объектов на изображении (такие как Faster-RCNN, Mask-RCNN, R-FCN и т. д.) [1], и архитектуры, которые проходятся по изображению только один раз (SSD, YOLO, RetinaNet и другие) [2]. Первый вид архитектур является наиболее точным, но медленным, второй вид является менее точным, но выигрывает по скорости обработки изображения. Однако оба вида архитектур, решающих эту задачу, требуют больших вычислительных ресурсов, что затрудняет использование нейронных сетей для нахождения объектов. Поэтому целью исследования стала разработка алгоритма на основе сегментационных сетей для ускоренного нахождения объектов на изображении или видеопотоке данных.

Описание работы алгоритма

В основе разработанного алгоритма лежат сегментационные нейронные сети, так как они имеют большую скорость обработки одного изображения. В полносверточной (сегментационной) сети изображение проходит через операцию свертывания, уменьшая разрешение и увеличивая количество каналов изобра-

жения, после чего происходит обратная операция по свертыванию и изображение увеличивается в разрешении, но уменьшается количество каналов, пока изображение не будет разрешением совпадать с исходным, поданным в сеть. Данные сети производят попиксельную классификацию изображения, присваивая каждому пикселю класс и цвет. Зная это, можно использовать выход сегментационной сети для поиска объектов по изображению. На рис. 1 представлен принцип действия алгоритма.

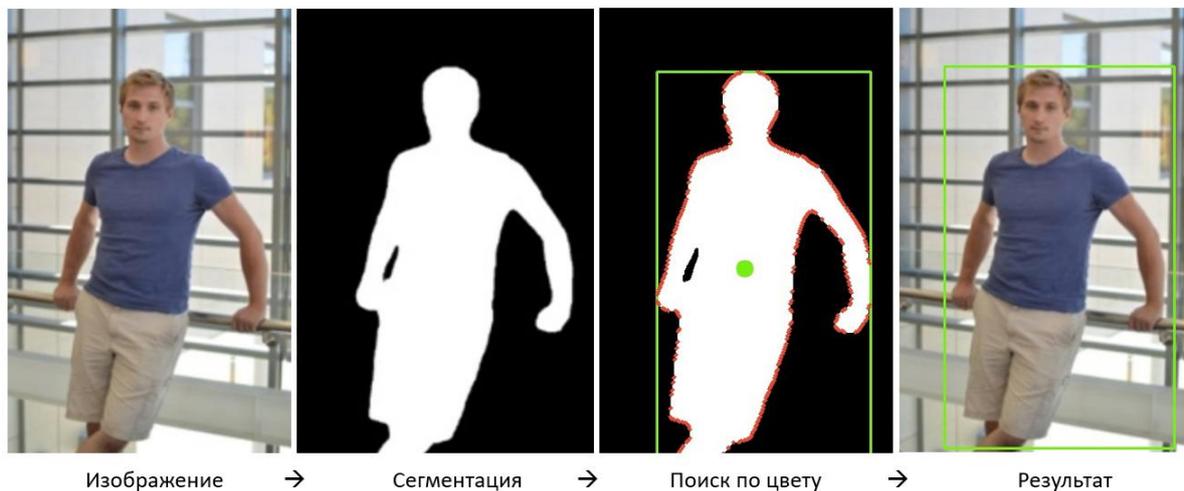


Рис. 1. Принцип действия разработанного алгоритма поиска объектов на изображении. В данном случае производилась бинарная сегментация: объект (человек) классифицировался значением пикселя равным 255, а фон – значением пикселя, равным 0

Так как в реальных задачах часто встречается проблема с недостатком обучающих данных, то в таких случаях применяется использование предобученных весов архитектур нейронных сетей (Transfer Learning), которые обучались на больших наборах данных, составляющих миллионы изображений. Для улучшения точности работы сети использовались предобученные веса модели VGG16, архитектура которой представлена на рис. 2. Данная нейронная модель обучалась на большом объеме данных ImageNet, составляющем миллионы изображений из 1000 классов (от людей до животных и неживой природы). Для использования предобученных весов нужно взять обученную модель VGG16 и убрать из нее последний слой-классификатор, который рассчитан на 1000 классов. Кроме того, выход данной модели является полносвязным слоем, в нашем же случае архитектура представляет собой сверточную сеть без полносвязных слоев. Для того чтобы это исправить, добавляется сверточный декодер, который позволяет на выходе модели получить сегментационную маску. Далее предобученные веса энкодера замораживаются и обучаются только веса декодера. Последней операцией является тонкая настройка (fine-tuning), в которой веса всей сети становятся обучаемыми, выбирается очень маленький шаг обучения (learning rate) и малое количество эпох обучения, и сеть полностью дообучается на выбранном для задачи наборе данных. Таким образом, улучшается точность работы сети, если первоначальный набор данных невелик.

VGG16

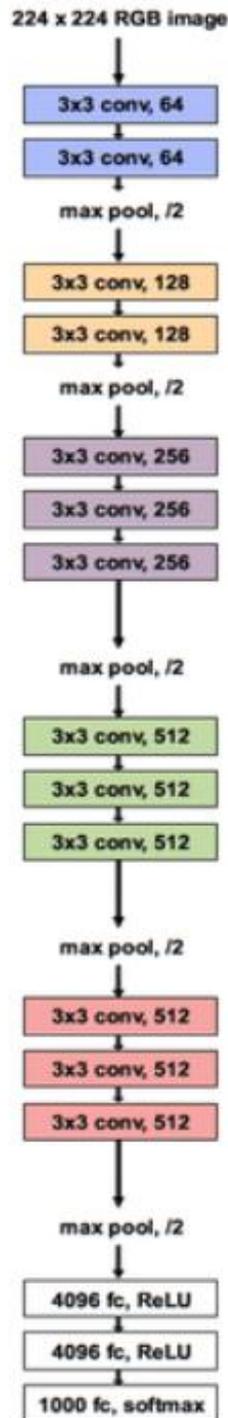


Рис. 2. Архитектура нейронной сети VGG16

Архитектура сегментационной сети разработанного алгоритма представлена на рис. 3.

Разрешение входного изображения было выбрано как 224×224 пикселя, так как для большинства предобученных весов таких моделей, как VGG16, ResNet, EfficientNet и других, используется входное разрешение 224×224 пикселя, сле-

довательно, невозможно использовать предобученные веса, если использовать другое входное разрешение.

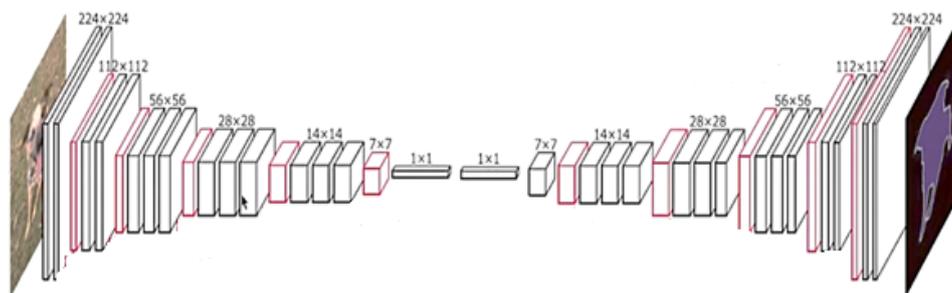


Рис. 3. Архитектура ИНС разработанного алгоритма, состоящая из 19 млн обучаемых параметров и предобученного энкодера VGG16

Также проводились исследования по уменьшению количества параметров и отказа от использования предобученных весов для энкодера, так как количество параметров предобученного энкодера VGG16 равно 15 млн. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты исследований

Количество параметров ИНС	Метрика IoU	Время обработки*
19 млн параметров (с использованием предобученных весов энкодера VGG16)	0,9994	118 миллисекунд
17 млн параметров (с использованием предобученных весов энкодера VGG16)	0,9989	92 миллисекунды
6 млн параметров (без использования предобученных весов энкодера VGG16)	0,9969	60 миллисекунд
4 млн параметров (без использования предобученных весов энкодера VGG16)	0,9941	50 миллисекунд
1.5 млн параметров (без использования предобученных весов энкодера VGG16)	0,9932	30 миллисекунд
11 тысяч параметров (без использования предобученных весов энкодера VGG16)	0,9881	5 миллисекунд

Кроме того, были произведены исследования по уменьшению входного разрешения изображения в том случае, если не используются предобученные веса энкодера. Исследования проводились на модели с 11 тысячами параметрами и без использования предобученных весов энкодера VGG16. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты исследований по выбору входного разрешения

Параметр	1920×1080	768×768	512×512	224×224	64×64
Время обработки*	93 мс	64 мс	20 мс	5 мс	4 мс
Метрика IoU	0,9911	9,9897	0,9887	0,9881	0,9812

* Измеренное время выполнения алгоритмов на Macbook Air 13'3 mid 2013 CPU Intel Core i5-4250U 1900MHz (2 cores).

Точность работы сети при разрешении 1920×1080 хуже, чем у сети с 17 млн параметрами и предобученными весами энкодера VGG16, но при этом время обработки изображения такое же. Также стоит заметить, что разница по времени между разрешением 64×64 и 224×224 составляет 1 мс. Основываясь на этом, оптимальным решением является использование входного разрешения 224×224 пикселя, так как это дает возможность использовать предобученные веса энкодеров многих моделей, а также имеет наилучшее соотношение по времени обработки одного изображения и точности работы.

Для сравнения скорости и точности работы существующих и разработанного алгоритмов нахождения объектов использовался набор данных под названием COCO2017 [3], который находится в открытом доступе. В наборе данных использовались 5000 изображений каждого из следующих классов: человек, машина и автобус. Кроме того, набор данных был разделен на обучающую и тестовую выборку.

В дальнейшем предполагается заменить алгоритм поиска объектов по цвету на изображении на искусственную нейронную сеть для увеличения качества, а также совместить эти две нейронные сети в одну архитектуру, так как на данный момент алгоритм состоит из двух частей: сегментационной нейронной сети для попиксельной классификации и алгоритма поиска объектов по цвету на изображении. Кроме того, планируется повысить скорость обработки изображений алгоритмом и его точность. Также будут проводиться поиски других подходов и архитектур для нахождения объектов на изображении, которые могли бы улучшить качество алгоритма.

Также производился поиск аналогов, наиболее близким по решению оказался патент на изобретение «Способ ускорения осуществления операции детектирования и распознавания объектов на изображении» [5]. Авторы создали сверточный энкодер для сжатия изображения и нахождения на нем признаков объектов. Однако для такого варианта требуется проходить еще одной сетью по сжатому изображению, что уменьшает скорость обработки и распознавания объектов.

Результаты

После того как каждая нейронная сеть была обучена на обучающей выборке, производилась проверка точности работы при помощи метрики IoU [4] и скорости работы алгоритмов. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Точность и скорость работы алгоритмов

Название алгоритма	IoU	Скорость обработки одного кадра*
Faster-RCNN	0,9997	10 секунд
SSD (Single Shot Detector)	0,9993	2 секунды
Разработанный алгоритм (19 млн параметров)	0,9994	118 миллисекунд
Разработанный алгоритм (11 тысяч параметров)	0,9881	5 миллисекунд

* Измеренное время выполнения алгоритмов на Macbook Air 13'3 mid 2013 CPU Intel Core i5-4250U 1900MHz (2 cores).

Также стоит заметить, что производилось уменьшение параметров сегментационной сети для более быстрой обработки изображений.

Как видно из таблицы, разработанный алгоритм с 19 млн параметрами быстрее Faster-RCNN в 100 раз и при этом уступает по качеству на 0,03 %, а также быстрее SSD в 20 раз и превосходит по качеству на 0,01 %. Разработанный алгоритм с 11 тысячами параметров быстрее в 2000 раз, чем Faster-RCNN, быстрее в 400 раз, чем SSD, но уступает им по качеству на 1,16 и 1,12 % соответственно.

Заключение

В результате исследований по разработке алгоритма ускоренного обнаружения объектов удалось добиться результатов, превышающих скорость обработки изображений существующими алгоритмами от 20 до 2000 раз. Что позволяет использовать разработанный алгоритм в системах компьютерного зрения по нахождению объектов с малыми вычислительными ресурсами.

Список использованных источников и литературы

1. *Mona Kohler, Markus Eisenbach, Horst-Michael Gross.* Few-shot Object Detection: A Survey. doi: 10.48550/arXiv.2112.11699.
2. *Xiang Li, Lin Zhang, Yau Pun Chen, Yu-Wing Tai, Chi-Keung Tang.* One-shot Object Detection. doi: 10.48550/arXiv.2005.03819.
3. *Tsung-Yi Lin, Michael Maire, Serge Belongie, Lubomir Bourdev, Ross Geshick, James Hays, Pietro Perona, Deva Ramanan, C. Lawrence Zitnick, Piotr Dollar.* Microsoft COCO: Common Object in Context. doi: 10.48550/arXiv.1405.0312.
4. *Hamid Rezaatofoghi, Nathan Tsoi, JunYoung Gwak, Amir Sadeghian, Ian Reid, Silvio Savarese.* Intersection over Union: A metric and A Loss for Bounding Box Regression. doi: 10.48550/arXiv.1902.09630.
5. Патент № 2661330 С1 Российская Федерация, МПК G06Т 5/10, G06Т 7/11, G06К 9/46. Способ ускорения осуществления операции детектирования и распознавания объектов на изображении : № 2016150901 : заявл. 23.12.2016 : опубл. 13.07.2018 / П. В. Скрибцов, М. А. Червоненкис ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «ПАВЛИН Технологии».

I. V. Churin, bachelor;

Y. Karavaev, Associate professor PhD

Using Segmentation Neural Networks for Accelerated Object Detection in an Image

The purpose of this scientific work is to accelerate the process of detecting objects in the image, using segmentation neural networks for this. The research methodology is the use of open datasets to compare the speed and accuracy of the main architectures of neural networks for finding objects and the approach used in this article. As a result of the research, it became known that the developed algorithm speeds up finding objects in the image from twenty to two thousand times, without losing the accuracy of work.

Keywords: Segmentation, Object Detection, Artificial Intelligence, Neural networks, Computer vision.

Р. А. Юртиков, канд. техн. наук, доц. кафедры «Механика», mrroman@yandex.ru
С. А. Девятериков, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Механика»,
sdtmitmm@yandex.ru

А. Ю. Безбородов, канд. техн. наук, доц. кафедры «Механика», beshal11@rambler.ru
С. В. Корляков, канд. техн. наук, доц. кафедры «Механика», sergkor2005@rambler.ru
ИжГТУ имени М. Т.Калашникова

Применение генетических алгоритмов для оптимизации структуры плоской стержневой конструкции

Решается задача структурной оптимизации плоской стержневой конструкции на основании итерационной схемы в рамках применения метода генетических алгоритмов. Формулируются пять вариантов целевой функции оптимизации. Разработанный алгоритм может использоваться в учебном процессе по дисциплинам сопротивления материалов и строительной механике.

Ключевые слова: плоская стержневая конструкция, оптимизация, генетический алгоритм, целевая функция.

Решение задач оптимизаций конструкций обязательно проходит через этапы численного и размерного синтеза, тесно связанные с контролем прочности и устойчивости. Применительно к ферменным конструкциям аналитические решения относительно просто получают при ограниченном числе параметров. При увеличении же размерности системы сложность аналитических расчетов многократно возрастает. В работах [1–3] для ферм большой размерности, когда с увеличением числа панелей неограниченно растет число классов длин стержней, показан подход к получению аналитического решения с использованием метода индукции, в системе Maple получены численные результаты для определения прогиба.

Для решения задач структурной и топологической оптимизации конструкций в последнее время активно развиваются подходы, основанные на методах искусственного интеллекта, в частности, применения генетических алгоритмов (ГА) [4]. Например, при расчете консольной стойки с профилем, имеющим двойную симметрию и постоянное поперечное сечение по длине метод ГА, используется для минимизации объема стальных двутавровых профилей при обеспечении условия устойчивости [5].

В качестве целевой функции оптимизации используется минимизация массы конструкции [6–8], рассматриваются также варианты оптимизации по площади поперечного сечения стержней [9] и использования других функций, значения которых вычисляются, как правило, с помощью пакетов ANSYS или MathCad.

Поскольку масса конструкции зависит от длины стержней, в качестве варианта целевой функции в настоящей статье рассматривается минимизация суммарной длины стержней, составляющих плоскую ферму, рис. 1.

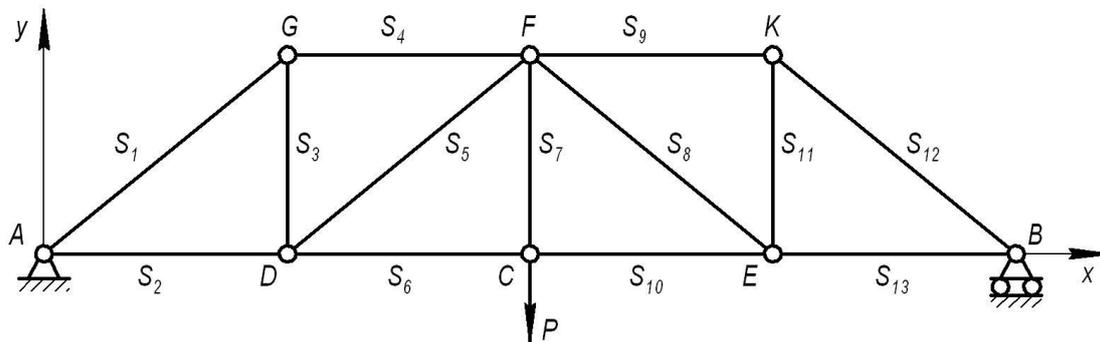


Рис. 1. Исходная ферменная конструкция

Проведем первый расчет для следующих граничных условий: длина пролета AB составляет 10 метров. Положение узла C по оси x фиксировано и делит отрезок AB пополам, при этом координата по оси y может изменяться. Узел C нагружен вертикальной силой $P = 5$ МН, как показано на рис. 1. Опорами являются неподвижный шарнир в точке A и подвижная шарнирная опора в точке B . Остальные узловые точки могут иметь произвольные координаты на плоскости в диапазоне $0 \dots 10$ м по оси абсцисс и $0 \dots 6$ м по оси ординат. Стержни имеют круговое поперечное сечение диаметром 0,2 м, изготовлены из материала с модулем Юнга $E = 210$ ГПа. В первом приближении принимаем, что стержни невесомы.

Генерация координат узлов фермы производится случайным образом. Если линии стержней имеют точки пересечения, то такая ферма отбраковывается и на ее место генерируется новая, до отсутствия пересечений стержней ферм. Координаты узловых точек сводятся в таблицу 1.

Таблица 1. Форма записи координат узлов

	A	B	C	D	E	F	G	K
x	0	10 м	$x_3 = 5$ м	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
y	0	0	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8

Число узлов рассматриваемой фермы равно $n = 8$, число стержней $k = 13$, что обеспечивает статическую определенность конструкции ($2n - k - 3 = 0$) и геометрическую неизменяемость. Решение фермы осуществляется методом вырезания узлов. Полученные шестнадцать уравнений равновесия представляются в виде системы уравнений относительно усилий в стержнях, которые в свою очередь, объединяются в вектор:

$$\{S\} = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}, X_A, Y_A, R_B\}^T.$$

Уравнения равновесия в матричной форме принимают вид

$$[L]\{S\} = \{N\},$$

где $[L]$ – матрица тригонометрических множителей, $\{N\}$ – вектор приложенных к узлам фермы проекций на координатные оси сил,

$$\{N\} = \{0, 0, -P_{GX}, P_{GY}, -P_{DX}, P_{DY}, -P_{FX}, P_{FY}, -P_{CX}, P_{CY}, -P_{EX}, P_{EY}, -P_{KX}, P_{KY}, 0, 0\}^T.$$

Решение системы уравнений имеет вид:

$$\{S\} = [L]^{-1}\{N\}.$$

Для решения задачи был выбран язык программирования Python, благодаря открытому коду и большому количеству библиотек, позволяющих производить математические расчеты и отображать данные без самостоятельной разработки алгоритмов.

В соответствии с генетическим алгоритмом каждая ферма представляется в виде виртуальной единицы (особь) обладающей своим генотипом. Под генотипом подразумевается вектор $\{x_3, y_3, x_4, y_4, x_5, y_5, x_6, y_6, x_7, y_7, x_8, y_8\}$, состоящий из так называемых хромосом, в качестве которых используются координаты точек C, G, D, F, E, K .

Производится генерация начальной популяции состоящей из 1171 особи. Каждая итерация (поколение) оценивается с помощью целевой функции. Особи, получившие наилучшую оценку, впоследствии отбираются для воспроизводства и будут представлены в следующем поколении. С увеличением числа итераций значение целевой функции стремится к асимптоте, это свидетельствует о прекращении процесса отбора и о том, что расчет можно останавливать.

На каждой итерации производится подсчет целевой функции для всех особей и начинается процесс отбора. Десять особей имеющие наилучшую приспособленность становятся родителями и передают свой генотип последующим поколениям. Остальные особи погибают, их генотип обнуляется. Выжившие особи сортируются в убывающем порядке в соответствии с целевой функцией, формируя группу родителей.

Для процесса скрещивания в ГА часто применяется алгоритм кроссинговера, но в данном случае он не приемлем, так как важно соблюдение строгой очередности хромосом. Для создания нового поколения разработан алгоритм скрещивания. Лидирующая особь переходит в новую популяцию, при этом оставляет 270 потомков, меняясь хромосомами с выжившими на предыдущей итерации особями. В частности 54 особям из первой группы потомков передается по одному гену, в качестве второго родителя берется один из девяти оставшихся предков в убывающем порядке целевой функции. Последующие 54 особи получают по 2 гена, далее 3, 4, 5 генов. На этом лидирующая особь из процесса размножения выбывает, и процесс повторяется среди оставшихся девяти особей, вторая родительская особь передает гены восьми последующим, формируя, таким образом, следующие 240 потомков. После этого вторая особь выбывает, и передача генов осуществляется третьей особью оставшимся семи. И так далее, пока не будет сформирована новая популяция.

Неизбежно среди новой популяции будут появляться нежизнеспособные особи, исходя из условия не пересечения стержней фермы, такие особи ликвидируются и на их место генерируется новая особь случайным порядком. Количество таких особей в популяции может быть достаточно большим, это обеспе-

чивает мутацию в популяции, то есть вносятся новые сочетания генов, стимулируя поиск в неисследованных областях. Далее цикл повторяется.

В качестве целевой функции предлагается реализация четырех вариантов.

Первый вариант: по условиям прочности и устойчивости. Для каждого сжатого стержня рассчитывается коэффициент устойчивости:

$$f_i = \frac{S_i}{AR_y \gamma_c \varphi(\lambda)}$$

Для каждого растянутого стержня рассчитывается коэффициент прочности:

$$f_i = \frac{S_i}{AR_y \gamma_c}$$

где S_i – усилие в стержне; R_y – расчетное сопротивление материала по пределу текучести, 250 МПа; $\varphi(\lambda)$ – коэффициент устойчивости при центральном сжатии; λ – гибкость стержня; γ_c – коэффициент условий работы.

Целевая функция находится в виде суммы коэффициентов по формуле $f = \sum_{i=1}^{13} f_i$. Особь с минимальным значением итогового коэффициента выбирается лидирующей.

Второй вариант: целевая функция - произведение квадрата длины стержня на модуль усилия в нем:

$$f = \sum_{i=1}^{13} l_i^2 \cdot |S_i|$$

Особь с минимальным значением целевой функции выбирается лидирующей.

Третий вариант: Минимальные усилия в сжатых стержнях (по предельным напряжениям, в частности усилия в стержнях должны быть меньше критического)

Четвертый вариант: минимальные усилия в растянутых стержнях (по предельным напряжениям).

Пятый вариант: минимальные усилия в растянутых и сжатых стержнях (по предельным напряжениям).

В табл. 2 и 3 приведены результаты вычислений для *первого варианта* целевой функции.

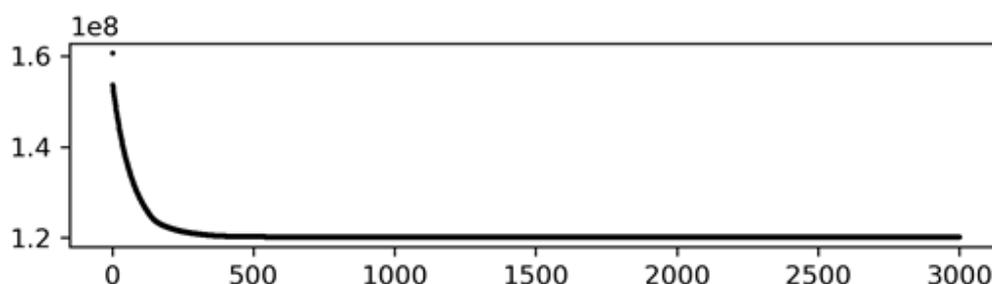
Таблица 2. Координаты узловых точек

N	x	y
1	0	0
2	10,000000	0
3	5,000000	0,903890
4	2,930589	0,079350
5	7,068908	0,081947
6	4,992359	2,540498
7	1,315107	1,753249
8	8,678212	1,758897

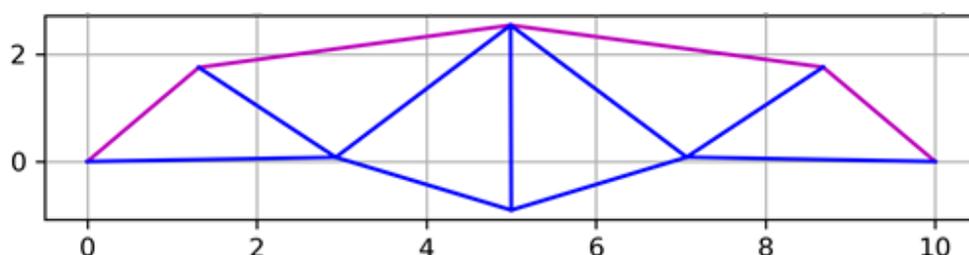
Таблица 3. Усилия в стержнях и их длины

Стержень	S, H	$l, м$
s_1	3189933	2,191664
s_2	-1914820	2,931663
s_3	-2467161	2,326310
s_4	3709609	3,760577
s_5	-72,4362	3,210630
s_6	-4015987	2,291119
s_7	-1546445	3,444399
s_8	-15,1869	3,218157
s_9	3711542	3,767813
s_{10}	-4021924	2,291781
s_{11}	-2472211	2,324224
s_{12}	3194345	2,200191
s_{13}	-1919786	2,932237
<i>Всего</i>		36,89077

Из рис. 2, а видно, что равновесное значение целевой функции достигается за примерно 500 итераций, следовательно, процесс расчета можно останавливать. Окончательный вариант структуры фермы, удовлетворяющей условию минимальной общей длины стержней и целевой функции по условиям прочности и устойчивости, показан на рис. 2, б.



а) число итераций



— растяжение — сжатие

б) расчетная конфигурация фермы

Рис. 2. Результаты расчета

Задачи, подобные описанной в статье, могут использоваться в учебном процессе в вузах, поскольку решение задач оптимального проектирования конструкций на основе применения генетических алгоритмов позволяет продемонстрировать студентам все этапы процесса моделирования: концептуализацию задачи, физическую модель, соответствующую математику, числовое решение, визуализацию и анализ результатов [10].

В более сложных случаях, в частности, для решения экстремальных задач с большим числом варьируемых параметров, возможно скатывание системы в локальные оптимумы, низкая сходимость алгоритма или появление пустых популяций, в которых отсутствуют особи, удовлетворяющие наложенным ограничениям. Поэтому разработке итерационных схем оптимизации стержневых металлических конструкций, использующих, например, адаптивные генетические операторы и альтернативные способы формирования популяций [11], уделяется все большее внимание.

Список использованных источников и литературы

1. *Курсанов, М. Н.* Точные формулы для расчета прогиба и усилий в стержнях типовой фермы «Молодечно» с произвольным числом панелей // Инженерно-строительный журнал. – 2016. – № 1. – С. 33–41. – Doi: 10.5862/MCE.61.4.
2. *Курсанов, М. Н.* Аналитическое исследование деформаций плоской фермы арочного типа // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2015. – № 3 (31). – С. 42–48.
3. *Курсанов, М. Н.* Аналитический расчет и оптимизация пространственной балочной фермы // Вестник МЭИ. – 2012. – № 5. – С. 5–8.
4. Структурно-параметрическая оптимизация стержневых металлических конструкций на основе эволюционного моделирования / И. Н. Серпик, А. В. Алексейцев, Ф. Н. Левкович, А. И. Тютюнников // Известия вузов. Строительство. – 2005. – № 8. – С. 16–24.
5. Генетические алгоритмы и их применение для оптимального проектирования строительных конструкций / А. Г. Юрьев, Р. В. Лесовик, С. В. Ключев, А. В. Ключев // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. – 2008. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geneticheskie-algoritmy-i-ih-primenenie-dlya-optimalnogo-proektirovaniya-stroitelnyh-konstruktsiy> (дата обращения: 08.02.2022).
6. *Šešok, D., Belevičius, R.* Use of genetic algorithms in topology optimization of truss structures // *Mechanika*. 2007. No. 2 (64). P. 34-39.
7. *Shanthi, R.M., Sheela, V., Gayathri, R., Edwin, A.* Weight Optimization of Steel Trusses Using Genetic Algorithm// *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)* 9(11), 2018, pp. 853–859.
8. *Neeraja, D, Kamireddy, T., Kumar, P.S., Reddy, V.S.* Weight optimization of plane truss using genetic algorithm // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 263 (2017) 032015 doi:10.1088/1757-899X/263/3/032015.
9. *Cazacu, R., Grama, L.* Steel truss optimization using genetic algorithms and FEA // *Procedia Technology*. 2014. 12. P. 339 – 346.
10. *Krylov, E., Yurtikov, R., Devyaterikov, S.* The use of genetic algorithms in teaching mechanics and structural analysis// *Proceedings of 16th annual International Technology, Education and Development Conference (INTED2022)*. 7-8 March, 2022, Valencia, Spain. P. 1473–1478. ISBN: 978-84-09-37758-9.

11. *Алексейцев, А. В.* Поиск рациональных параметров стержневых металлоконструкций на основе адаптивной эволюционной модели / А. В. Алексейцев, Н. С. Курченко // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2011. – № 3. – С. 7–15.

R. A. Yurtikov

S. A. Devyaterikov

A. Yu. Bezborodov

S. V. Korlyakov

Application of Genetic Algorithms for Optimizing the Structure of a Coplanar Rod Structure

The problem of structural optimization of a coplanar rod structure on the basis of an iterative process is solved within the application of the method of genetic algorithms. Five variants of the objective optimization function are formulated. The developed algorithm can be used in the educational process in the disciplines of Strength of materials and Structural analysis.

Keywords: coplanar rod structure, optimization, genetic algorithm, objective function.

СОДЕРЖАНИЕ

Форум научно-технического творчества молодежи АО «ИЭМЗ «Купол»

<i>Алексеева Ю. В., Батинов И. В., Шильев С. А. Повышение производительности слесарной обработки деталей путем внедрения инновационного режущего инструмента</i>	3
<i>Игнатъев И. В., Стрижак В. А. Стенд для изучения магнитных свойств бистабильных ферромагнетиков</i>	8
<i>Козицын П. Р., Калугин А. И. Разработка лазерного устройства для измерения профиля скважины</i>	15
<i>Коновалова А. А., Якимова Д. А., Данилова А. А. Рационализация финансовых ресурсов на предприятии</i>	23
<i>Мухаметгалеева П. И., Данилова А. А. Система контроля автомобиля с применением инновационных технологий</i>	29
<i>Решетникова А. М., Волкова Л. В. Оценка влияния температуры и магнитного поля на измерения напряженно-деформированного состояния в элементах металлоконструкций</i>	35
<i>Шалагинов А. Д., Зарипов М. Р. Разработка головки самонаведения активного типа</i>	41

«Выставка инноваций – 2022 (весенняя сессия): выступления молодых ученых ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

<i>Алыпина А. А., Седова А. В. Возможность применения СЛТ-элементов в массовом многоэтажном жилищном строительстве</i>	48
<i>Банников А. А., Никитин Ю. Р. Разработка пятифазного синхронного двигателя с постоянными магнитами</i>	61
<i>Бочкарева П. А., Пилюшенко А. В. Применение теории медиаэкологии и экосистемного подхода при разработке цифровых сервисов для города</i>	73
<i>Буторина И. А., Илтубаева Е. Ю., Алиев Э. В. Приложение для отслеживания и прогнозирования здоровья человека</i>	78
<i>Вахрушева М. Н., Трефилов С. А. Разработка 3D-сканера на основе лидара и линейной направляющей</i>	83
<i>Владимиров В. Д., Гусаров И. Е., Калугин А. И. Объектив для матричного фотоприёмника</i>	91
<i>Гарифьянова Л. А., Микрюкова Е. М. Сравнение различных материалов труб для наружных систем водоснабжения</i>	97
<i>Девятериков С. А., Крылов Э. Г. Наличие кривошипа в плоском четырехзвенном механизме третьей модификации с внутренней поступательной кинематической парой</i>	107
<i>Домрачева Э. В., Ложкин Ю. В. Особенности проектирования детской игрушки на примере деревянного конструктора</i>	111
<i>Дунаева К. В., Якушев Н. М. Анализ проблем организации совместной работы в проектных компаниях Удмуртии</i>	118
<i>Журавлева К. А., Волков М. А., Карпова Е. А. Самоуплотняющийся бетон, модифицированный дисперсией технического углерода</i>	126

<i>Звонарев И. С.</i> Стабилизация обратного маятника с применением искусственной нейронной сети	134
<i>Зорина А. А., Тюрин А. П.</i> Разработка мероприятий по снижению тепловой нагрузки среды в производственной котельной предприятия	139
<i>Ившина А. А., Стерхов И. Д., Попов Д. Н., Хворенков Д. А., Лебедева А. А.</i> Методика расчета остывания жидкости при ее движении в протяженных трубопроводных системах	147
<i>Каргина Д. А., Сабирзянова А. М., Седова А. В.</i> Роль общественных пространств в формировании окружающей среды	162
<i>Клековкин Е. А., Крылов Э. Г.</i> К обоснованию геометрической модели anti-rise для горного велосипеда с одношарнирной подвеской	170
<i>Клюкин Д. А.</i> Математическое моделирование теплового нагружения ствола артиллерийского орудия при выстреле	176
<i>Колегова А. В., Тюрин А. П.</i> Разработка мероприятий по снижению шума от компрессорных установок	183
<i>Константинова А. А., Ложкин Ю. В.</i> Изготовление авторских изделий из древесных материалов	189
<i>Корепанова В. В., Покоев Н. В., Данилова А. А.</i> Маркировка музыки. Влияние музыки на поведение человека	195
<i>Кочурова А. В., Сабурова Е. А.</i> Анализ основных характеристик специализированного программного обеспечения для автоматизации внутреннего аудита	203
<i>Крылов Э. Г., Пономаренко Е. П.</i> Роль рефлексии в формировании языковой личности студента технического университета	209
<i>Лебедева Е. В., Клековкин В. С.</i> Личностные качества как важная составляющая инновационной активности на предприятии	215
<i>Макаров А. Д., Седова А. В.</i> Развитие велоспорта и строительство спортивных объектов как драйвер развития велоинфраструктуры города	221
<i>Мансуров Р. Р., Королев С. А.</i> Разработка методики баллистического расчета и оптимизации параметров активно-реактивного снаряда	229
<i>Мухаметгалеева П. И., Данилова А. А.</i> Использование искусственного интеллекта как компаньона	238
<i>Насиров Р. Р., Чернова А. А.</i> Методы автоматизации в медицине	245
<i>Пономарев Д. А., Трефилов С. А.</i> Устройство предотвращения столкновений на основе времяпролетной камеры	251
<i>Потапова С. Ф., Валиева Г. Р.</i> Применение реверс-инжиниринга в промышленном дизайне	257
<i>Разживин А. А., Трефилов С. А.</i> Имитационное моделирование транспортного робота на основе DLQR-регулятора в среде Matlab Simulink	263
<i>Русских В. Н., Кайсина И. А., Кузнецов В. С.</i> Рекомендации формирования датасета для обучения нейронной сети Yolov4	270
<i>Салихова К. И., Седова А. В.</i> Архитектура и социальные функции современной библиотеки при университете	277
<i>Самохвалова Д. И., Ложкин Ю. В.</i> Способ индивидуализации дизайна интерьера комнаты на примере модульного светильника «Light module»	286
<i>Санников П. А., Кочуров К. С., Лекомцев П. В.</i> Методика нахождения коэффициентов пропорционально-интегрального регулятора скорости вращения синхронного двигателя с постоянными магнитами	293

<i>Семёнова С. Н.</i> Функционализация никель-углеродного нанокompозита полиметилнафталинсульфонатом натрия (С-3)	299
<i>Ситникова Л. К., Еланцев М. О., Султанов Р. О.</i> Двухэтапный метод поиска похожих изображений в большой базе изображений	304
<i>Трефилов Д. А., Антонов Е.А., Куприянов А. А.</i> Лазерная подсветка для мультиспектральной камеры	310
<i>Троянская А. И.</i> Особенности адаптации иностранных студентов к условиям обучения	317
<i>Тугбаева А.С., Милич В. Н., Ицков А. Г., Широков В. А.</i> Программный интерфейс для обработки гидроакустических сигналов	322
<i>Тунгускова А. М., Кайсина И. А., Кузнецов В. С., Шинкевич М. В., Швец А. А., Степанов А. О.</i> Концепция перспективного ПАК для автоматического определения наземных объектов и корректировки маршрута	328
<i>Федорова А. А., Седова А. В.</i> Градостроительный анализ зарубежных и отечественных аналогов научно-исследовательских центров	334
<i>Чурин И. В., Караваев Ю. Л.</i> Использование сегментационных нейронных сетей для ускоренного обнаружения объектов на изображении	348
<i>Юртиков Р. А., Деятериков С. А., Безбородов А. Ю., Корляков С. В.</i> Применение генетических алгоритмов для оптимизации структуры плоской стержневой конструкции	354

Научное издание

**«Выставка инноваций – 2022
(весенняя сессия)»**

Сборник материалов XXXIII Республиканской выставки-сессии
студенческих инновационных проектов
(Ижевск, 29 апреля 2022 г.)

Адрес в информационно-телекоммуникационной сети:
http://innobinc.ru/~files/finder/file/sbornik_vi_2022_1.pdf

Дата размещения на сайте: 20.06.2022

В редакции авторов

Технический редактор *С. В. Звягинцова*
Корректор *М. А. Ложкина*
Верстка *М. М. Григорьевой*
Дизайн обложки *К. Сабура*

Подписано к использованию 20.06.2022. Уч.-изд. л. 17,76
Объем 14,8 МБ. Заказ № 89

Издательство управления информационных ресурсов Ижевского государственного
технического университета имени М. Т. Калашникова. 426069, Ижевск, Студенческая, 7