

«Выставка инноваций – 2021» (осенняя сессия)

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

Ижевск, 18 ноября 2021 г.

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

«Выставка инноваций – 2021»
(осенняя сессия)

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

Ижевск, 18 ноября 2021 г.



Издательство УИР ИжГТУ
имени М. Т. Калашникова
Ижевск 2021

УДК 62(06)
ББК 30у
В93

Редакционная коллегия

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

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

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

Гуменюк А. Н., начальник отдела инновационного развития;

Кайсина И. А., заведующая научно-образовательной лабораторией «Беспилотные системы», председатель Совета молодых ученых;

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

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

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

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

Мельников М. В., технологический предприниматель (по согласованию);

Пигалев С. А., директор бизнес-инкубатора.

В93 «Выставка инноваций – 2021» (осенняя сессия) : сборник материалов XXXII Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов, Ижевск, 18 ноября 2021 г. / ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – Ижевск : Изд-во УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2021. – 163 с. – 14,2 МБ. – Систем. требования : AcrobatReader 6.0 и выше. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-7526-0946-6

Сборник состоит из материалов докладов молодых ученых, заслушанных перед экспертной комиссией на XXXII Республиканской выставке-сессии студенческих инновационных проектов в ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Ижевск, 18 ноября 2021 г.). Проекты докладчиков выполнены в широком спектре приоритетных направлений развития науки и техники. Часть материалов, представленных в сборнике, отражают результаты научно-инновационной деятельности молодых ученых ИжГТУ имени М. Т. Калашникова за последние годы.

Мероприятие проводилось в рамках «Года науки» ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова».

ISBN 978-5-7526-0946-6

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

УДК 628.3

ГРНТИ 70.25.10

А. А. Абрамова, кандидат технических наук, доцент

А. М. Непогодин, старший преподаватель

Е. В. Астраханцева, студент

katya_astrahanseva27@mail.ru

М. В. Таскаев, студент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Адаптация биореакторов SBR под климатические условия России

Биологическая очистка воды является одним из наиболее эффективных методов очистки хозяйственно-бытовых вод. Благодаря последовательному действию биореактора SBR в одном реакторе уменьшаются площади очистных сооружений. Предложена теплоизоляция биореакторов SBR с целью их адаптации под климатические условия России. Представлена методика расчета теплоизоляции резервуара. Приведен пример теплотехнического расчета стенки реактора переменного действия SBR.

Ключевые слова: очистка воды; биореактор; технология SBR; тепловая изоляция; теплоизоляционные материалы.

В наше время наиболее эффективным методом очистки хозяйственно-бытовых вод является биологическая очистка. Для ее улучшения разрабатываются новые направления, одним из которых является технология SBR. Данная технология отличается тем, что все этапы очистки воды проходят в одном сооружении в отличие от классических схем, которые предусматривают многоступенчатую систему очистных сооружений, занимающих большие объемы и площади. В состав биореактора входят следующие основные элементы и узлы: аэрационная система, мешалка, устройство удаления плавающего ила, декантер для слива очищенной воды, насос удаления избыточного ила и ряд из-

мерительных приборов. В резервуаре присутствует постоянный объем активного ила, который обеспечивает удаление из воды растворенных в ней органических загрязняющих веществ.

Продолжительность полного цикла очистки включает в себя следующие технологические процессы: нитрификацию и денитрификацию, отстаивание, декантрирование (удаление избыточного ила и осветленной воды) [1–3]. Продолжительность этапов, при изменении параметров сточных вод с учетом сезонных колебаний, расхода, концентрации загрязнений, можно настраивать с помощью системы управления в пределах продолжительности общего цикла.

К основным достоинствам данной технологии относятся:

- простота в эксплуатации;
- малая площадь очистных сооружений и их невысокая стоимость;
- полная автоматизация работы очистных сооружений;
- высококачественная очистка хозяйственно-бытовых вод, достигаемая за счет чередования безкислородной и кислородной стадий;
- высокая скорость адаптации к изменению количества поступающих сточных вод и степени их загрязненности.

Режим работы биореактора *SBR* представлен на рис. 1.

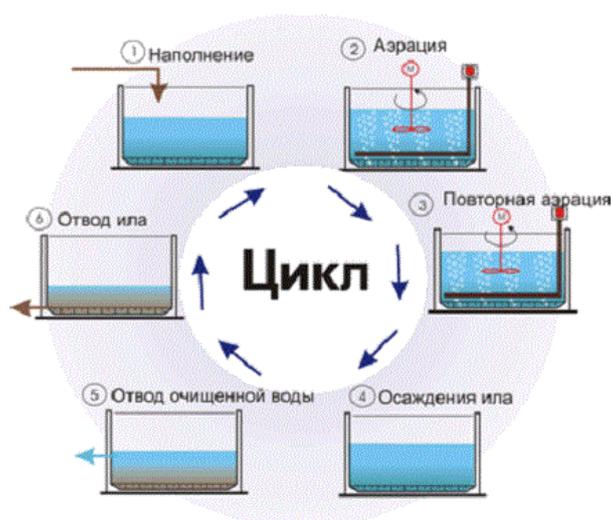


Рис. 1. Режим работы биореактора *SBR*

Анализ литературных источников показал, что в настоящее время наиболее подходящим материалом для изготовления биореакторов *SBR* является полипропилен. Этот материал характеризуется простотой монтажа и эксплуатации, не подвержен воздействию коррозии. Помимо этого, полипропилен обеспечивает долгий срок службы резервуара (более 50 лет). Он устойчив к механическим повреждениям [4, 5].

Стоит отметить, что в климатических условиях России необходима теплоизоляция биореактора *SBR* – процедура, предусматривающая специальное покрытие из теплоизоляционных матов, обшитых оцинкованным листом [6]. Размер матов не должен превышать 100 мм (иногда допустимо – до 200 мм). Согласно СП 61.13330.2012, теплоизоляционные материалы могут закрепляться как на стенке и кровле резервуаров, так и исключительно на одной стенке. Тепловая изоляция резервуаров производится за счет плит минеральной ваты с защитным металлическим покрытием или стеганым синтетическим минеральным волокном (рис. 2).

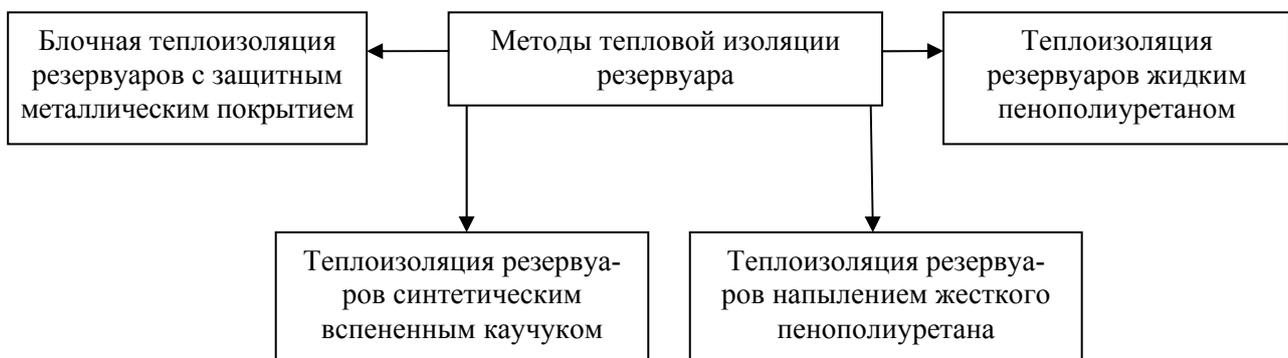


Рис. 2. Методы тепловой изоляции *SBR* реактора [6]

Теплотехнический расчет стенки реактора переменного действия *SBR* выполнен согласно СП 131.13330.2020 и СП 50.13330.2012. Методика расчета представлена далее.

1. Потери тепла при охлаждении теплоносителя определяются по формуле, ккал/час:

$$Q = \Delta T \cdot C \cdot \nu \cdot V, \quad (1)$$

где ΔT – перепад температур теплоносителя, °С; C – теплоемкость теплоносителя, ккал/кг°С; ν – объемный вес теплоносителя, кг/м³; V – количество теплоносителя, м³.

2. Площадь боковой стенки резервуара определяется по формуле, м²:

$$S_1 = \pi \cdot D_y \cdot H, \quad (2)$$

где D_y – диаметр резервуара, м; H – высота резервуара, м.

3. Площадь крышки резервуара определяется по формуле, м²:

$$S_2 = \pi \cdot R^2, \quad (3)$$

где R – радиус резервуара, м.

4. Общая площадь резервуара определяется по формуле, м²:

$$S = S_1 + S_2, \quad (4)$$

5. Допустимые потери тепла определяется по формуле, Вт/ м²:

$$N = \frac{Q}{S}, \quad (5)$$

где Q – потери тепла на охлаждение, Вт.

6. Расчетные тепловые потери от резервуара. Если задана температура теплоносителя, температура окружающего воздуха, толщина и коэффициент теплопроводности изоляционного слоя. Тепловые потери составят, Вт/ м²:

Вариант 1. Без изоляции:

$$q = t - \frac{t_n}{\left(\frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_n} \right)}. \quad (6)$$

Вариант 2. С тепловой изоляцией:

$$q = t - \frac{t_n}{\left(\frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_n} \right)}, \quad (7)$$

где t – температура теплоносителя, °С; t_n – температура окружающего воздуха, °С; α_b – коэффициент тепловосприятости стенкой, Вт/ м²; α_n – коэффициент теплоотдачи от стенки в окружающий воздух, Вт/м²; $\delta_{ст}$ – толщина стенки реактора, м; $\lambda_{ст}$ – коэффициент теплопроводности стенки реактора, Вт/м°С;

$\delta_{\text{из}}$ – толщина изоляции, м; $\lambda_{\text{из}}$ – коэффициент теплопроводности изоляции, Вт/м^{°С};

Далее представлен пример теплотехнического расчета стенки реактора переменного действия *SBR*. Исходные данные для расчета теплоизоляции *SBR* реактора сведены в табл. 1.

Таблица 1. Исходные данные для расчета теплоизоляции *SBR* реактора

Обозначение	Данные	Единица измерения	Параметр
$t_{\text{тепл}}$	116	°С	Температура теплоносителя
$t_{\text{тепл. min}}$	112	°С	Минимальная допустимая температура теплоносителя в реакторе переменного действия
$t_{\text{н}}$	-34	°С	Температура наружного воздуха минимальная
D_y	119	м	Диаметр резервуара
H_p	55	м	Высота резервуара

$$1. Q = 0,17 \cdot 0,52 \cdot 860 \cdot 991,8 = 74067,9 \text{ ккал/час};$$

$$2. S_1 = 3,14 \cdot 19 \cdot 5 = 298,3 \text{ м}^2;$$

$$3. S_2 = 3,14 \cdot 9,5^2 = 283,4 \text{ м}^2$$

$$4. S = 298,3 + 283,4 = 581,7 \text{ м}^2;$$

$$5. N = \frac{86066,9}{581,7} = 148 \text{ Вт/м}^2.$$

$$6. \text{Вариант 1: } q = 16 + \frac{34}{\left(\frac{1}{15} + \frac{0,006}{58} + \frac{1}{29}\right)} = 351,8 \text{ Вт/м}^2.$$

Вывод: $q = 351,8 \text{ Вт/м}^2 > N = 148 \text{ Вт/м}^2$, следовательно, необходима тепловая изоляция.

Выбираем блочную изоляцию для биореактора последовательного действия *SBR* матами *URSA M-25*. Характеристики тепловой изоляции показаны в табл. 2.

Таблица 2. Характеристики тепловой изоляции

Материал	Толщина стенки	Теплопроводность
URSA M-25	0,05 м	0,032 Вт/м°C
Защитное покрытие – оцинкованная сталь	0,0007 м	58 Вт/м°C

Вариант 2:

$$q = 16 + \frac{34}{\left(\frac{1}{15} + \frac{0,006}{58} + \frac{0,05}{0,032} + \frac{0,0007}{58} + \frac{1}{29} \right)} = 36,4 \text{ Вт/м}^2.$$

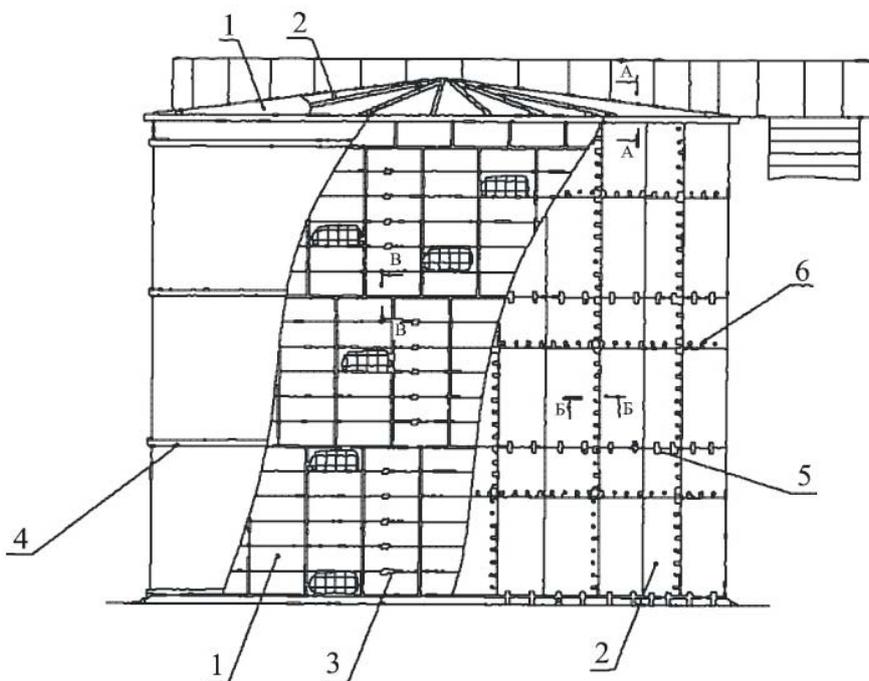
Вывод: $q = 36,4 \text{ Вт/м}^2 < N = 148 \text{ Вт/м}^2$, следовательно, для утепления био-реактора последовательного действия *SBR* принимаем маты *URSA M-25*.

Пример тепловой изоляции био-реактора последовательного действия SBR показан на рис. 3.

Литературно-информационный поиск показал, что реакторы переменного действия (*SBR*-реакторы) в настоящее время широко применяются при очистке хозяйственно-бытовых сточных вод малых станций водоотведения, а также частных домов и коттеджей. В основном эта технология активно используется в европейских странах (Германия, Австрия, Франция и др.), характеризующихся мягкими климатическими условиями и отсутствием продолжительных сильных заморозков. Такое широкое распространение реакторов однозначно связано с неоспоримыми их достоинствами: компактностью установки, полнотой процесса очистки сточных вод, возможностью работы в условиях меняющегося расхода и химического состава сточных вод. В России подобные реакторы прошли апробацию в южных широтах, и ограничение их использования в северных широтах связано с высокими эксплуатационными и капитальными затратами (в том числе на теплоизоляцию). Однако, как показала практика, во время эксплуатации все затраты окупаются за счет высокого качества очистки хозяйственно-бытовых сточных вод [7].

Однако для Германии, как и для большинства европейских стран, нехарактерны сильные заморозки, самым холодным месяцем в году является январь. В этот период минимальная температура составляет 3 °С. В целом по

стране для немецких синоптиков погода является предсказуемой, за исключением случаев воздействия сильных циклонов.



1. Маты URSA® М-25 в обкладках из стеклоткани, металлической сетки (матрац навесной)
2. Защитное покрытие
3. Кольцо из проволоки диаметром 2 мм
4. Приварной бандаж

5. Кляммер
6. Заклепка

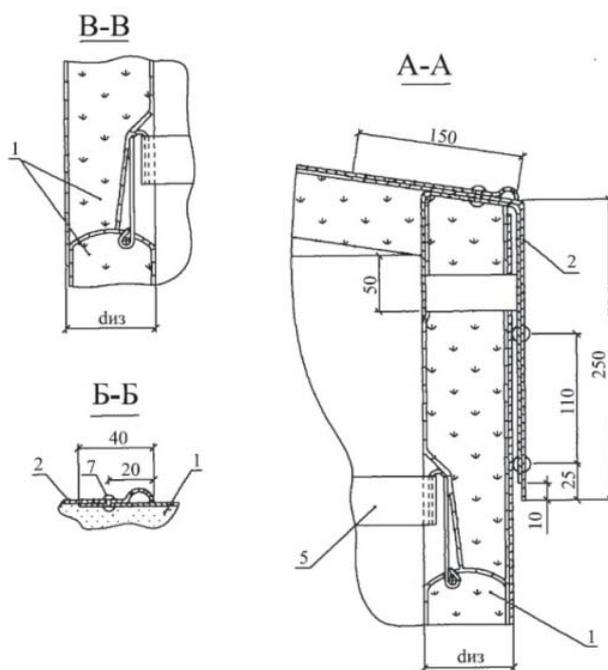


Рис. 3. Тепловая изоляции биореактора SBR

Нельзя сказать того же о погоде в нашей стране, поскольку наша страна представлена сразу 16 климатическими зонами, согласно классификации Кёппена, в Германии их всего 4. При таком климатическом многообразии невозможны точные прогнозы. Да и спектр зимней погоды в России гораздо шире, нежели в странах Европы: сильный ветер и метели, морозы, достигающие в городах Якутии до $-67,8$ °С («полюс холода» Оймякон), гололеды и оттепели. Ввиду этого разнообразия все эти неблагоприятные природные явления происходят в разное время и с разной частотой повторяемости. А значит, нужны другие механизмы защиты сооружений биологической очистки – биореакторов *SBR*.

С этой целью в нашей работе предложен метод адаптации *SBR*-реактора под климатические условия России путем расчета и выбора оптимального теплоизоляционного материала. Расчет выполнен в соответствии с действующими в строительной сфере сводами правил. Вычислены теплотери, возникающие при охлаждении теплоносителя, вещества, передающего тепловую энергию. Далее найдена общая площадь резервуара, равная сумме площадей боковой стенки резервуара и его крышки. Затем найдены допустимые потери тепла. В конце посчитаны тепловые потери от резервуара в двух вариантах: без изоляции и с тепловой изоляцией.

Расчетами было установлено, что так как расчетные теплотери от резервуара $q = 351,8$ Вт/м² превышают допустимые потери тепла $N = 148$ Вт/м², следовательно, необходима тепловая изоляция. В качестве тепловой изоляции для биореактора *SBR* последовательного действия выбираем блочную изоляцию матами *URSA M-25*. Данный вид изоляции считается наиболее эффективным для изоляции трубопроводов горячей воды и технологического оборудования с температурой до 350 °С. За счет высокой сжимаемости и упругости он обеспечивает наиболее плотное прилегание в сопряжениях с узлами конструкции. Кроме того, материал не теряет свои свойства при случайном намокании во время транспортировки или монтажа.

Для утепления биореактора последовательного действия *SBR* принимаются маты *URSA M-25*, расчет показывает, что расчетные теплотери от ре-

зервуара $q = 36,4 \text{ Вт/м}^2$ в данном случае не превышают допустимых потерь тепла $N = 148 \text{ Вт/м}^2$, что означает – материал теплоизоляции выбран верно. В качестве защитного покрытия трубопроводных систем от воздействия окружающей среды и механических повреждений используется оцинкованная сталь.

По сравнению с другими покрывными материалами оцинкованная сталь имеет ряд преимуществ: она повышает устойчивость магистрального трубопровода к вредному воздействию окружающей среды, противостоит процессам коррозии, сводит к минимуму энергопотери, обладает устойчивостью к механическим воздействиям расширяет диапазон температур транспортируемого продукта и продлевает срок службы изделия.

Список литературы

1. *Mennerich, A.* Aufstaubeleungsanlagen. – Germany, 2011. – 245 p.
2. *Teubner, B. G.* Abwassertechnik. – Stuttgart Leipzig, 1988. – 170 p.
3. *Schreff, D.* SBR-Anlage –Funktion und Betrieb, 2005. – 304 p.
4. Kommunales Abwasser Verfahren und Anlage der Abwasserbehandlung. – Bauhaus-Universität Weimar, 2004. – 178 p.
5. *Meyer, P.* Siedlungswasserwirtschaft Abwasserreinigung. – Germany, 2006. – 219 p.
6. *Бабичева, Л. К.* Тепловая изоляция резервуаров с нефтью и нефтепродуктами / Л. К. Бабичева, Д. Э. Акмурзина. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29656014> (дата обращения: 05.11.2021).
7. *Зубарева, Г. И.* Локальное отведение сточных вод загородного дома. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25917958> (дата обращения: 03.11.2021).

Н. А. Баранова, студент

natabar1201@gmail.com

З. Р. Муфтахутдинова, старший преподаватель

zulfiya.muft@gmail.com

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Окупаемость работы теплоутилизаторов в системе вентиляции

В статье рассматриваются теплоутилизующие установки для систем приточно-вытяжной вентиляции. Представлена их краткая характеристика, а также достоинства и недостатки различных видов теплоутилизаторов. Так же говорится о правильной эксплуатации оборудования. Приводится расчет сроков окупаемости системы с пластинчатым рекуператором и роторным регенератором без учета единовременных затрат на монтаж и сервисное обслуживание.

Ключевые слова: коэффициент эффективности; срок окупаемость; регенеративный теплоутилизатор; рекуперативный теплоутилизатор; рекуператоры с промежуточным теплоносителем.

В наше время остро стоит вопрос об энергоэффективности, поэтому в России используют энергоэффективные решения для строительства зданий и сооружений. Это касается не только выбора стройматериалов, но и систем жизнеобеспечения, а именно систем электроснабжения, вентиляции, кондиционирования, отопления и водоснабжения. В связи с появлением на рынке новой энергоэффективной продукции ужесточаются требования к проектированию сетей инженерно-технического обеспечения.

Несмотря на то что теплоутилизующие установки для систем вентиляции начали использовать с 1970-х годов, свою популярность они приобрели

только в наше время [1]. Это связано с незнанием принципа работы и эксплуатационных особенностей оборудования. Поэтому стоит изучить индивидуально работу каждого вида теплоутилизационной установки.

Теплоутилизатор – это установка, теплоноситель в которой движется направленно. Установка предполагает наличие локальной системы вентиляции, причем тепло удаляемого воздуха утилизируется тут же. Существуют различные виды: *роторный* (регенеративный) (рис. 1), *рекуператоры с промежуточным теплоносителем* (рис. 2) и *пластинчатый* (рекуперативный) [2] (рис. 3).

Широко используется теплоутилизатор роторного типа (рис. 1), он имеет горизонтальную ось вращения. Коэффициент эффективности установки составляет 75–90 %, это весомое преимущество. Есть и недостатки, а именно: во время работы происходит смешивание потоков удаляемого и подаваемого воздуха. Это может привести к загрязнению приточного воздуха, к передаче вирусов, что является недопустимым. Поэтому при расчете эффективности регенеративного устройства надо учесть затраты на обеззараживание воздуха. Кроме этого, требуются дополнительные затраты электроэнергии на работу ротора [3].

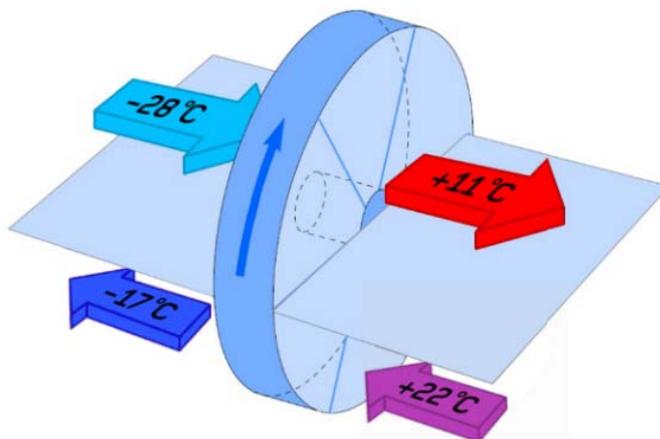


Рис. 1. Роторный теплоутилизатор

Еще одним видом теплоутилизатора является рекуператор с промежуточным теплоносителем (рис. 2). Чтобы исключить смешивание потоков воздуха, как это было с предыдущим видом, можно одновременно установить теплообменники на приточную и вытяжную ветвь воздуховодов системы вентиляции

и соединить их между собой трубопроводами с насосом. Благодаря этому создается циркуляция теплоносителя. Из-за наличия промежуточного теплоносителя коэффициент эффективности таких теплоутилизаторов будет равен 45–65 % [3].

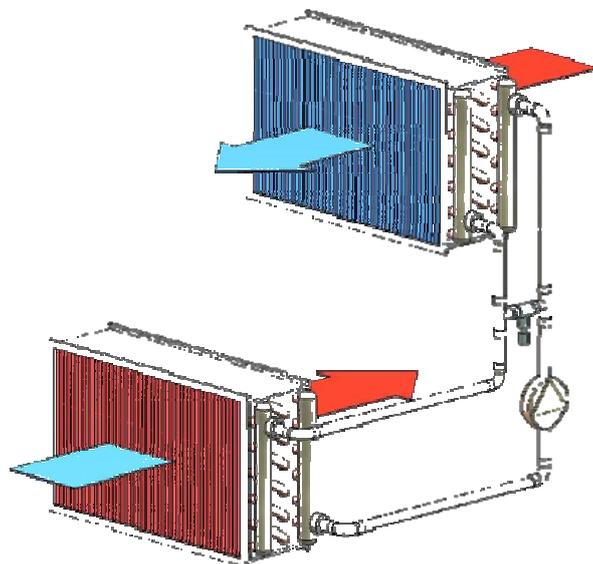


Рис. 2. Рекуператоры с промежуточным теплоносителем

В отличие от приведенных выше видов теплоутилизующих установок, пластинчатый или перекрестный рекуператор (рис. 3) имеет коэффициент эффективности 50–80 % [4]. Поток вытяжного и приточного воздуха проходят по небольшим каналам, тем самым исключая какой-либо контакт или смешение. При его использовании не требуется установка дополнительного оборудования для обеззараживания воздуха. Теплоутилизатор можно устанавливать при любой конфигурации [3].

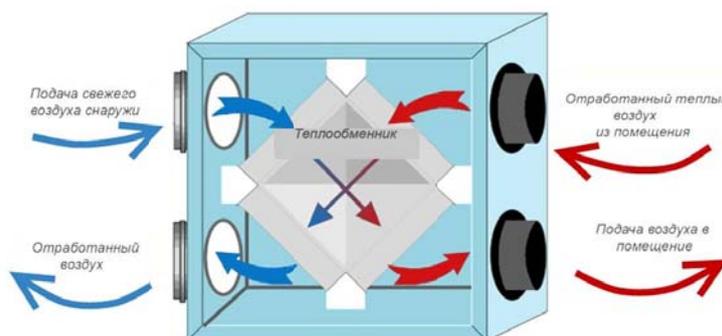


Рис. 3. Пластинчатый теплоутилизатор

Рассчитаем срок окупаемости регенератора роторного типа [4]. Принимаем производительностью воздуха $L = 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Средняя стоимость регенератора 300 000 рублей с учетом стоимости секции с обеззараживанием воздуха. Стоимость тарифа на электричество (по среднему) $c'_e = 3,4 \text{ руб/кВт}\cdot\text{ч}$ и тепловой энергии $c'_w = 1,5 \text{ руб/кВт}\cdot\text{ч}$ согласно приказу от 15 декабря 2020 г. № 27/2 «Об установлении цен (тарифов) на электрическую энергию для населения и приравненных к нему категорий потребителей по Удмуртской Республике на 2021 год». Коэффициент температурной эффективности 80 %. Температура приточного воздуха равна $-5,6 \text{ }^\circ\text{C}$, продолжительность 219 сут. согласно СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» для города Ижевска.

Количество теплоты на нагрев наружного воздуха без теплоутилизатора:

$$Q_w = \frac{L \cdot \rho_{ext} \cdot c_p (t_{int} - t_{ext}) \tau_i}{3600}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (1)$$

где L – расход наружного воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$; ρ_{ext} – плотность наружного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$; c_p – удельная теплоемкость воздуха, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; t_{int} – внутренняя температура воздуха, $^\circ\text{C}$; t_{ext} – наружная температура воздуха, $^\circ\text{C}$; τ_i – продолжительность работы в день, ч.

$$\rho_{ext} = \frac{353}{273,15 + (5,6)} = 1,3 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

$$Q_w = \frac{8000 \cdot 1,3 \cdot 1,005 \cdot (18 - (5,6)) \cdot 24}{3600} = 1644 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Количество теплоты для нагрев наружного воздуха от температуры уходящего воздуха из теплоутилизатора:

$$Q_r = \frac{L \cdot \rho_{ext} \cdot c_p (t_{int} - t_{ext2}^i) \tau_i}{3600} \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (2)$$

где t_{ext2}^i – температура воздуха выходящая из теплоутилизатора, $^\circ\text{C}$.

$$t_{ext2}^i = t_{ext} + \varepsilon (t_r - t_{ext}), \text{ }^\circ\text{C}; \quad (3)$$

$$t_{ext2}^i = 5,6 + 0,8(22(5,6)) = 16,5 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$Q_r = \frac{8000 \cdot 1,3 \cdot 1,005(18 - 16,5)24}{3600} = 105 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где t_r – температура удаляемого воздуха, °С.

Количество сэкономленной энергии при установке теплоутилизатора:

$$\Delta Q = 219 \cdot (Q_w - Q_r), \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}, \quad (4)$$

где 219 – продолжительность, сут, периода со среднесуточной температурой воздуха при ≤ 8 °С.

$$\Delta Q = 219 \cdot (1644105) = 3,4 \cdot 10^5 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}.$$

Количество энергии на вращение ротора:

$$N = N_d \cdot \tau, \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}, \quad (5)$$

где N_d – мощность привода ротора, кВт; τ – продолжительность работы системы, час/год.

$$N = 300 \cdot 219 = 6,5 \cdot 10^4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Стоимость сэкономленной энергии:

$$\mathcal{E} = \Delta Q \cdot c'_i - N \cdot c'_i, \text{ руб/год}, \quad (6)$$

где c'_i – стоимость тарифа на электричество или тепловой энергии, руб/кВт·ч;

– при использовании электрического калорифера:

$$\mathcal{E} = 3,4 \cdot 10^5 \cdot 3,4 - 6,5 \cdot 10^4 \cdot 3,4 = 9,4 \cdot 10^5 \text{ руб/год};$$

– при использовании водяного калорифера:

$$\mathcal{E} = 3,4 \cdot 10^5 \cdot 1,5 - 6,5 \cdot 10^4 \cdot 3,4 = 2,9 \cdot 10^5 \text{ руб/год}.$$

Срок окупаемости роторного теплоутилизатора:

$$\tau = \frac{C}{\mathcal{E}}, \text{ года}, \quad (7)$$

где C – стоимость оборудования, руб.

– при использовании электрического воздухонагревателя:

$$\tau = \frac{300000}{9,4 \cdot 10^5} = 0,3 \text{ года};$$

– при использовании водяного воздухонагревателя:

$$\tau = \frac{400\,000}{\mathcal{E}} = \frac{300\,000}{3,2 \cdot 10^5} = 0,9 \text{ года.}$$

Из расчета видно, что при использовании водяных калориферов срок окупаемости больше, чем при электрическом. Несмотря на это тарифы на электричество гораздо выше, нежели чем на ГВС, следовательно, при эксплуатации с водяной воздухонагреватель будет более экономичен.

Рассчитаем срок окупаемости пластинчатого рекуператора [3]. Он будет аналогичен сроку окупаемости роторного регенератора, но так как у данного теплоутилизатора нет двигателя, то и затраты на его работу исключаем. Можно заметить, что при низких температурах наружного воздуха образуется конденсат, тем самым влечет за собой образование льда, что снижает эффективность работы оборудования. Поэтому при установке теплоутилизатора надо предусмотреть и воздухонагреватель для подогрева наружного воздуха. Средняя стоимость оборудования 140 000 рублей, и чтобы предотвратить образование конденсата, дополнительно предусматриваем воздухонагреватель стоимостью 60 000 рублей.

Количество энергии на дополнительный калорифер:

$$N = N_k \cdot \tau, \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}, \quad (8)$$

где N_k – мощность калорифера, кВт.

$$N = 500 \cdot 219 = 1,1 \cdot 10^5 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Стоимость сэкономленной энергии:

– при использовании электрического калорифера:

$$\mathcal{E} = 3,4 \cdot 10^5 \cdot 3,4 - 1,1 \cdot 10^5 \cdot 3,4 = 7,8 \cdot 10^5 \text{ руб/год};$$

– при использовании водяного калорифера:

$$\mathcal{E} = 3,4 \cdot 10^5 \cdot 1,5 - 1,1 \cdot 10^5 \cdot 1,5 = 3,5 \cdot 10^5 \text{ руб/год.}$$

Срок окупаемости пластинчатого теплоутилизатора:

– при использовании электрического воздухонагревателя:

$$\tau = \frac{200000}{7,8 \cdot 10^5} = 0,3 \text{ года};$$

– при использовании водяного воздухонагревателя:

$$\tau = \frac{200000}{\text{Э}} = \frac{200000}{3,5 \cdot 10^5} = 0,5 \text{ года.}$$

Анализируя рассчитанные данные, можно сказать, что сроки окупаемости пластинчатого и роторного примерно одинаковы. Перекрестный теплоутилизатор при хорошей защите от замерзания практически не требует обслуживания.

Теплоутилизатор имеет относительно высокую стоимость, это и ограничивает их широкое применение в системе вентиляции. Но установка полностью окупает свою цену на рынке и дополнительные вложения на монтаж и эксплуатацию в течение короткого времени. Для повышения эффективности теплоутилизатора можно установить главный воздухонагреватель и дополнительный воздухонагреватель, которые будут работать, пока не начался отопительный период года.

Таким образом, при использовании различных теплоутилизующих установок в системе вентиляции мы уменьшаем затраты на нагрев приточного воздуха и обеспечиваем снижение энергопотребления.

Список литературы

1. *Ливчак, И. Ф.* Регулируемая вентиляция жилых многоэтажных зданий / И. Ф. Ливчак, А. Л. Наумов // АВОК. – 2004. – № 5. – С. 8.
2. *Денисова, Е. В.* Утилизация тепла вентиляционных выбросов / Е. В. Денисова, З. Р. Муфтахутдинова // Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2021. – С. 570–573.
3. Рекуперация в системах вентиляции. Анализ систем рекуперации и экономическая целесообразность их применения // Группа компаний «Промвентхолд». – URL: <https://www.promventholod.ru/tekhnicheskaya-biblioteka/rekuperatsiya-v-sistemakh-ventilyatsii-analiz-sistem-rekuperatsii-i-ekonomicheskaya-tselesoobraznost.html> (дата обращения: 10.11.2021).
4. *Иванов, О. П.* Анализ сроков окупаемости пластинчатого и роторного теплоутилизаторов / О. П. Иванов, С. А. Тихомиров // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». – 2007. – № 1. – С. 1.

УДК (614.862)

ГРНТИ 73.01.25

А. У. Бердников, студент

arsen.berdnikov@mail.ru

Е. П. Куприянов, студент

А. А. Данилова, старший преподаватель кафедры «САиУК»

ФГБОУ ВО «ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова»

Добавление светоотражающих элементов в состав ремней безопасности в автомобиле

Приводятся сведения о важности добавления светоотражающих элементов в химический состав ремней безопасности, рассматриваются проблемы, связанные с неиспользованием ремней безопасности. Описывается общая обстановка на дороге на сегодняшний день. Данная идея позволяет увеличить процент пристегнутых и, следовательно, при дорожно-транспортном происшествии процент пострадавших будет меньше.

Ключевые слова: ремень безопасности; безопасность на дороге; уменьшение числа пострадавших при ДТП.

В наше время безопасность жизни человека и ее обеспечение стоят особняком в его потребностях. По статистике во всем мире 2,3 % людей умирают от дорожно-транспортных происшествий [3], опережая такие болезни, как ВИЧ, туберкулез и самоубийство. В подавляющем большинстве случаев данные ситуации происходят по причине несоблюдения мер техники безопасности, говоря простым языком, люди не пристегивают ремни безопасности. Многие уверены в своих водительских способностях, многим ремень давит или как-то неудобен. Ремень безопасности как изобретение относится к средствам пассивной безопасности человека, в частности к ремням безопасности и другим средствам, предназначенным для удержания человека в безопасном положении во время

его перемещения по воздуху, воде, суше или в открытом космосе при помощи различных средств передвижения [1].

Патентное ведомство Соединенных Штатов выдало 10 июля 1962 года шведскому инженеру Нильсу Болину патент на трехточечный автомобильный ремень безопасности «для использования в автомобилях, особенно дорожных транспортных средствах» [9]. Однако тогда автомобильная промышленность была в стадии зарождения. Спустя почти 60 лет был добавлен патент № 2010145819/12, изобретение включает ремни безопасности наземных, воздушных и подводных транспортных средств, лиши для серфинга, спасательные тросы, средства удержания человека на поверхности, в воздухе, под водой и в открытом космосе. Применение данных средств позволяет снизить риск травматизма и гибели людей. Применение ремня безопасности снижает риск гибели водителя и пассажиров транспортного средства в 2–5 раз. Согласно Правилам дорожного движения, использование ремней безопасности обязательно для водителя и всех пассажиров транспортного средства, оборудованного ремнями безопасности [2, 4]. Не все водители или пассажиры транспортных средств, оборудованных ремнями безопасности, используют их. В связи с этим важным фактором безопасности дорожного движения является контроль за использованием ремней безопасности в транспортном средстве. Одним из способов, обеспечивающих данный контроль, может быть возможность дистанционной визуализации ремня на водителе или пассажире. В этом случае при своевременном выявлении отсутствия ремня безопасности на водителе или пассажире транспортного средства, например, инспекторами автоинспекции или средствами фото- и видеорегистрации, транспортное средство может быть остановлено для устранения выявленных нарушений, что, в свою очередь, повысит безопасность находящихся в автомобиле людей при дальнейшей эксплуатации транспортного средства. Однако дистанционная визуализация ремня безопасности затруднительна в условиях низкой освещенности, особенно в вечернее и ночное время, что снижает вероятность точного определения его использования водителем и пассажирами транспортного средства. Дело в том, что

современный стандарт, относящийся к ремням безопасности, включающий требования к ляжке ремня, ее форме, краям, ширине, прочности, коррозионной стойкости, не содержит требования к ее цвету, светоотражающим и световозвращающим свойствам [3]. Поэтому ремень может быть изготовлен из материала темного цвета без светоотражающих и световозвращающих свойств, что существенно снижает возможность его дистанционной визуализации [8].

Из смежной области известен патент на изобретение, удерживающее устройство (ремень безопасности), содержащее гибкий элемент (ляжку), на всю длину видимой поверхности которого нанесены с помощью печати чернила, имеющие световозвращающие свойства (WO2003037689). Существенным недостатком данного ремня безопасности является низкое качество его визуализации во время эксплуатации, поскольку изобретение предполагает нанесение чернил только на видимую поверхность ляжки ремня. Видимой поверхностью ляжки ремня безопасности является поверхность, обращенная к наблюдателю. Поверхность ляжки, прилегающей к телу человека, остается неокрашенной чернилами и лишенной световозвращающих свойств. Дело в том, что при эксплуатации ремень может быть перекручен по разным причинам, в результате чего его видимая (обращенная к наблюдателю) поверхность может оказаться скрытой от наблюдателя и стать для него невидимой, поскольку к нему будет обращена неокрашенная световозвращающими чернилами поверхность ляжки. Кроме того, удерживающие человека средства могут быть представлены не устройствами в виде ленты, как ремни безопасности автомобиля, а например, спасательными тросами, предназначенными для поднятия человека на определенную высоту, например с поверхности воды на плавательное судно или вертолет [7]. В условиях плохой видимости дистанционная визуализация троса в связи с отсутствием у него световозвращающих свойств по всей его поверхности может быть затруднена, поскольку во время эксплуатации он может многократно перекручиваться вдоль своей оси, и окрашенная с одной стороны поверхность может оказаться невидимой для наблюдателя и создать ошибочное впечатление о разрыве троса и необходимости его замены. Использование для

передвижения космонавта в открытом космосе страховочного фала, вся поверхность которого лишена световозвращающих свойств, допускает снижение эффективности визуального контроля за его целостностью и повышает риск отрыва «соскользнувшего» с борта космической станции космонавта и его падения в открытый космос. Таким образом, остается необходимость в создании удерживающего человека устройства, хорошо видимого в условиях низкой освещенности.

Возникает необходимость в повышении освещенности удерживающего устройства за счет придания ему световозвращающих свойств по всей его поверхности.

Анализируя имеющиеся изобретения ремней безопасности, мы пришли к выводу, что необходимо удерживающее устройство с повышенной освещенностью. Ремень безопасности включает лямку, вся поверхность которой по всей ее длине выполнена из световозвращающего материала (рисунок). На рисунке ремень изображен намеренно перекрученным [6].



Ремень безопасности с элементами из световозвращающего материала

Предложенное удерживающее устройство повышает безопасность за счет повышения качества визуального контроля его применения во время перемещения человека по воздуху, воде, суше или открытом космосе при помощи различных средств передвижения в условиях плохой видимости, т. к. она включает

в себя гибкий элемент, видимая поверхность которого выполнена из световозвращающего материала, отличающийся тем, что вся поверхность гибкого элемента удерживающего устройства выполнена из световозвращающего материала [5].

Результатом повышения безопасности человека во время его перемещения по воздуху, воде, суше или в открытом космосе при помощи различных средств передвижения за счет повышения качества визуального контроля использования удерживающих устройств в условиях плохой видимости. Поставленная задача достигается тем, что вся поверхность гибкого элемента удерживающего устройства (лямка, трос, фал, лиш) выполнена из световозвращающего материала. Придание всей поверхности удерживающего устройства световозвращающих свойств обеспечивает высокое качество его дистанционной визуализации при эксплуатации даже при условии его возможного перегиба или скручивания.

Таким образом, предложенный вариант ремня безопасности с добавлением световозвращающих элементов позволит существенно снизить количество пострадавших при ДТП или специализированных работах.

Список литературы

1. Михайлов, И. В. Ремни безопасности в ПДД : учебник. – 2003 – 412 с.
2. Лисицын, Ю. Л. Опасная ситуация на дорогах : учебник. – 2007 – 284 с.
3. Кудесников, А. П. Основные причины дорожно-транспортных происшествий : учебное пособие / А. П. Кудесников, Е. Л. Кондратьев. – Москва : МАН, 2004. URL: https://tepka.ru/OBZh_8/5.html (дата обращения: 06.12.2021).
4. Мартянова, Т. В. Предотвращение летальных исходов при ДТП : учебное пособие / Т. В. Мартянова, К. П. Лекомцева. – Саратов : СПДИ, 2006. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sets/detail/road-traffic-injuries>
5. Попов, Е. А. Оптика явление света на дорогах : учебное пособие / Е. А. Попов; А. И. Кунгурцева. – Калининград : КТУ, 1998. – URL: http://www.fcp-pbdd.ru/for_drivers/exteme_weather_driving.php
6. Стрелков, В. О. Обеспечение безопасности в автотранспорте : учебное пособие / В. О. Стрелков, Р. Н. Сибяев. – Москва : МГТУ, 2001. – URL: <https://scibook.net/jiznedeytelnosti-bjd-bezopasnost/obespechenie-bezopasnosti-transporte-1796.html>

7. *Васильев, Н. Э.* Типы ремней безопасности : учебное пособие / Н. Э. Васильев; Ю. А. Порошин. – Саратов : ВДИ, 2001. URL: <http://autoleek.ru/sistemy-bezopasnosti/passivnaya/ustrojstvo-i-vidy-remnej-bezopasnosti.html>

8. *Кушнера, В. С.* Материалы для ремней безопасности : учебное пособие / В. С. Кушнера, Н. С. Кольчугин. – Омск : УМОАМ, 2008. – URL: http://www.omgtu.ru/general_information/institutes/engineering

9. *Толок, Т. В.* Защита интеллектуальной собственности и патентование : учебное пособие / Т. В. Толок, Ю. И. Толок, Д. И. Верещагин. – Москва : ОПС, 2013. URL: <https://www.litres.ru/t-v-tolok/zaschita-intellektualnoy-sobstvennosti-i-patentovedenie/>

УДК 745/749(04)

ГРНТИ 18.31.51

К. А. Воробьев, магистрант

kostyaavt@gmail.com

Ю. В. Ложкин, кандидат технических наук, доцент

LYV2007@mail.ru

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Использование технологии 3D-печати в изготовлении сувенирной продукции

Рассмотрены образцы корпоративной сувенирной продукции, в которых используются традиционные и новые технологии 3D-печати, лазерной обработки древесины и пластмассы. Предложен комплект изделий с оригинальным дизайном, состоящий из настольной композиции с визитницей, бейджей, значков и магнитов, который мог бы способствовать выделению компании среди подобных на рынке и соответственно увеличению продаж и популяризации брэнда компании.

Ключевые слова: 3D-печать; 3D-моделирование; сувенирная продукция; скульптуры; дизайн.

Введение

В современном мире технологии художественной обработки материалов не стоят на месте. С появлением новых возрастает необходимость в производстве традиционных и инновационных изделий с уникальным дизайном. Гораздо большего разнообразия форм и идей можно достичь, сочетая различные технологии в одном изделии. Комбинирование разных технологий может применяться в различных направлениях, например в сувенирной продукции, в предметах интерьера или в художественных изделиях и т. д. [1, 2].

Использование совместно 3D-печати, лазерной обработки древесины и пластмассы позволяет придумывать изделия с необычным дизайном. Но данный способ в настоящее время пока практически не применяется в изготовлении художественных изделий, хотя его использование позволит разнообразить их дизайн, выделив компанию на рынке товаров и услуг среди подобной продукции, а также привлечь внимание потенциальных покупателей.

Один из способов сочетания разных технологий – это сувенирная продукция. Она является самым доступным и ненавязчивым видом рекламы, позволяющим наладить доверительные отношения с получателем, вызвать запоминание бренда на подсознательном уровне. В настоящее время основными требованиями к изготовлению рекламно-сувенирной продукции являются оригинальность и индивидуальность.

Обзор сувенирной продукции

В работе представлен комплект корпоративной сувенирной продукции, состоящей из бейджей, значков, магнитов и настольной композиции под визитницу (рис. 1).



Рис. 1. Комплект сувенирной продукции

Предполагаемым заказчиком является ветеринарная клиника «Большая Медведица», расположенная в г. Ижевске [3]. В ее логотипе изображена белая медведица, оберегающая своего детеныша – маленького медвежонка. Образ с фонендоскопом используется как главный, т. к. он является наиболее запоминающимся, узнаваемым и полностью соответствует названию и идеи компании.

Основной центральной композицией было предложено сделать скульптурную композицию, где медведи (белая медведица и медвежонок) сидят на льдине, и медведица прослушивает медвежонка через фонендоскоп. Существует и вторая скульптурная композиция с медведями, идущими по льдине. Дополнительно были разработаны значки и бейджи с магнитным креплением.

Значки выполнены в технологии 3D-печати. Они представляют собой рельефную форму морды кошек и собак, а также рельефное изображение идущих медведей. Основной идеей появления данного комплекта послужило то, что кошки и собаки являются самыми популярными видами животных.

Бейджи уникальны сочетанием на одном изделии всех использованных технологий.

Материалами для изготовления сувенирной продукции послужили древесина ореха, PLA-пластик и пластик ПЭТ для подкладки и задней панели бейджа. При разработке новых изделий учитывают экологичность материалов. PLA-пластик изготавливается из кукурузы или сахарного тростника, что обуславливает его нетоксичность и экологичность, но делает его относительно недолговечным.

Материалом для деревянных деталей является древесина ореха. Древесина кавказского/грецкого ореха является одной из наиболее ценных и востребованных пород древесины. Это прочный и крепкий материал, красота которого особенно раскрывается в распиле – волокна, плотно прилегающие друг к другу, создают красивые волны и полосы.

Образцы данной сувенирной продукции можно рассмотреть на следующих примерах:

1) Настольная композиция с визитницей.

Настольная композиция с визитницей является декоративным аксессуаром и служит для систематизации хранения карточек и визиток (рис. 2–5). В ней есть съемный элемент, крутящийся на 360° , который может использоваться отдельно и быть взаимозаменяемым. Подставка (льдина), круглое основание, надписи изготовлены из PLA-пластика на 3D-принтере. Визитница собрана из заготовок цельной древесины ореха. Скульптурная композиция крепится к круглому основанию на секундный клей, а также и надписи к подставке (льдине). Крепление визитницы и подставки (льдины) осуществляется с помощью двух магнитов $\varnothing 6 \times 1,5$ мм с обеих сторон. Крепление основания круглого и подставки (льдины) осуществляется с помощью одного магнита $\varnothing 12 \times 1$ мм с обеих сторон. Круглое основание с фигурками крутится вокруг своей оси благодаря единичному соединению. Надписи прикрепляются к центру прикрепляемой поверхности.

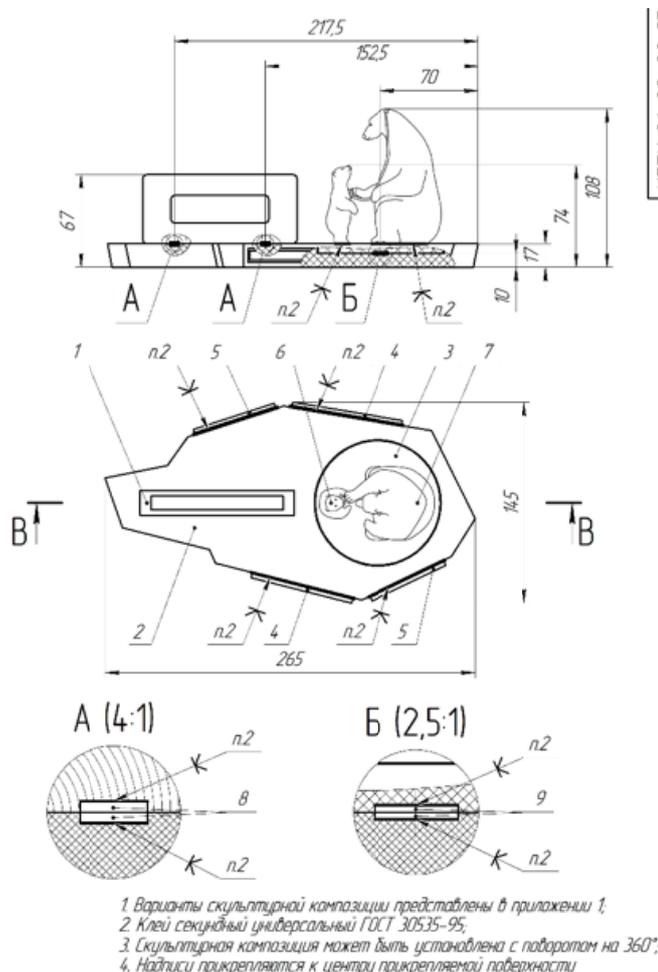


Рис. 2. Чертеж изделия «Настольная композиция с визитницей»

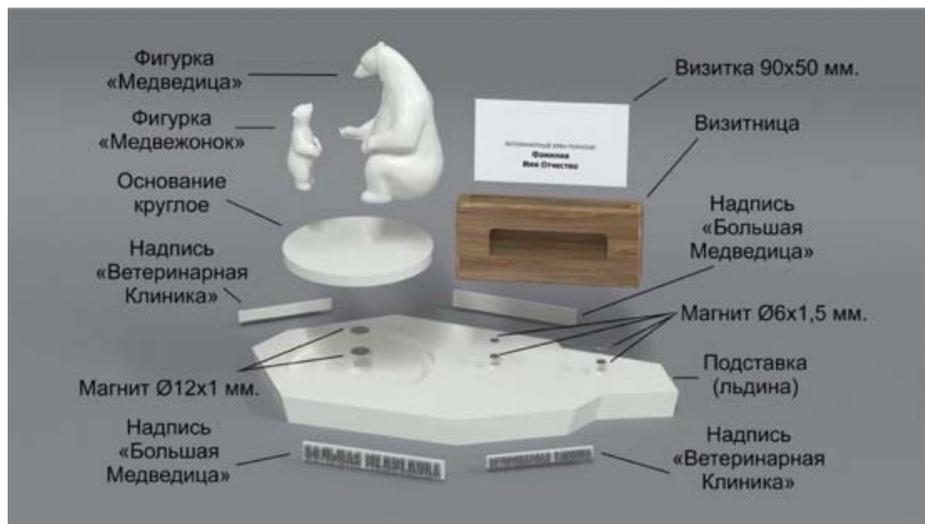


Рис. 3. Взрыв-схема изделия «Настольная композиция с визитницей»



a



б

Рис. 4. 3D-модель настольной композиции с визитницей со скульптурой «Медведи сидят»:

a – вид спереди; *б* – вид сзади



a



б

Рис. 5. 3D-модель настольной композиции с визитницей со скульптурой «Медведи идут»:

a – вид спереди; *б* – вид сзади

2) Значок.

Значок – самый простой вид – изделие состоит из одной детали. Конструкция значка представляет собой напечатанную на 3D-принтере скульптуру, состоящую из круглого основания, надписей и фигуры морды животного, скрепленную с магнитом на секундный клей (рис. 6–8). Варианты креплений – магнит или булавка. Функция значка – указание принадлежности людей к организации. В зависимости от предпочтений клиента скульптура может быть цельная и окрашена в один цвет или же может состоять из нескольких цветов (двух или трех) и быть сделанной в несколько этапов (на двух или трехцветном принтере). На значке «Медведи идут» предполагается конструкция из трех магнитов.

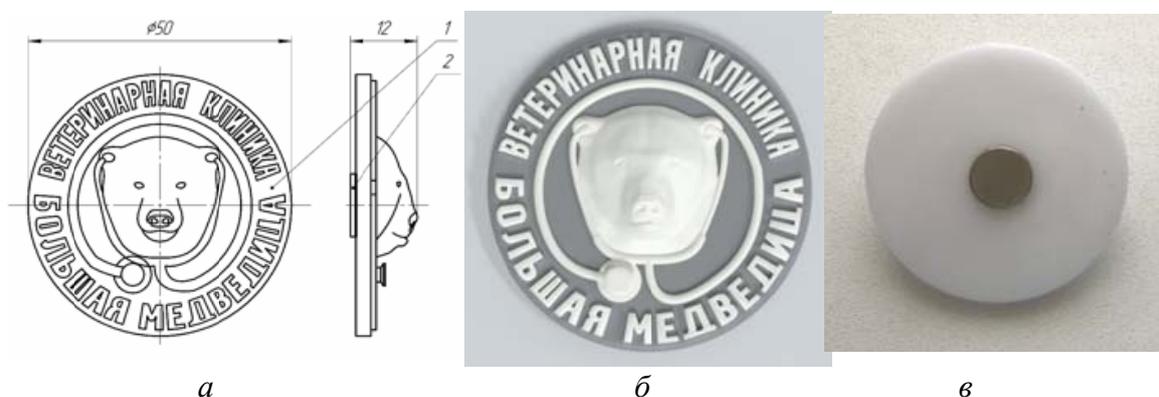


Рис. 6. Значок «Медведица с фонендоскопом»: а – чертеж; б – 3D-модель; в – вид сзади



а

Рис. 7. 3D-модели значков с собаками и кошками: а – в одноцветном исполнении (начало)

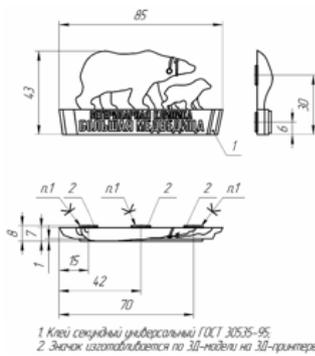


б



в

Рис. 7. 3D-модели значков с собаками и кошками: б – в двухцветном исполнении; в – в цветном исполнении (окончание)



1 Клей секундный универсальный ГОСТ 30535-95;
2 Значок изготавливается по 3D-модели на 3D-принтере

а



б



в

Рис. 8. Значок «Медведи идут»: а – чертеж; б – 3D-модели; в – вид сзади

3) Бейдж

Бейдж – универсальное средство персональной идентификации человека. В данных бейджах используется несколько технологий для того, чтобы изделие было красивым, оригинальным и информативным. Изготовление деревянных бейджей осуществляется из натуральной древесины толщиной 4 мм. При производстве деревянного основания используется метод лазерной резки и гравировки. Основание скрепляется с крышкой из листового пластика при помощи секундного клея. Между ними ставится прокладка из более тонкого листа ПЭТ пластика. К обратной стороне крышки прикрепляется специальный магнит для бейджей, а к основанию скульптуры «Медведицы» – на секундный клей. Скульптура изготавливается на 3D-принтере из PLA-пластика. Бейдж представлен на рис. 9, 10.

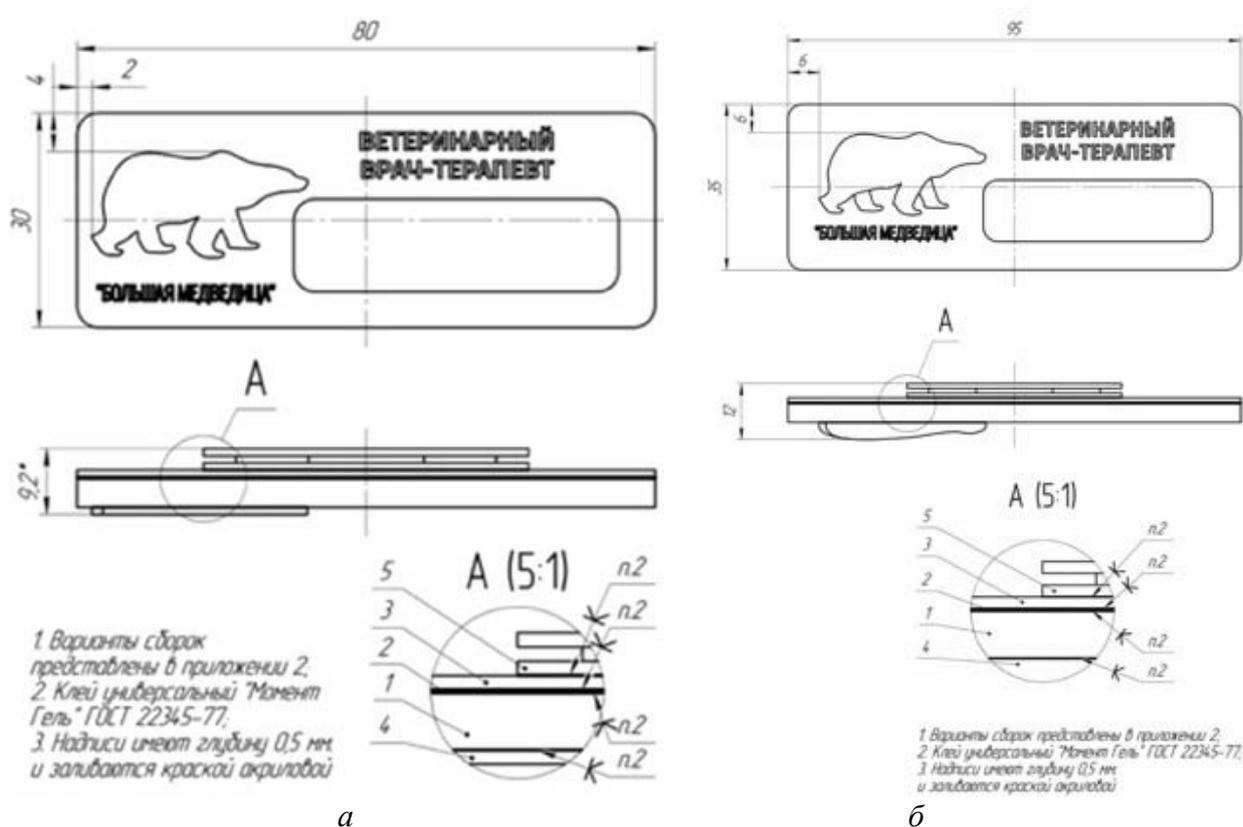


Рис. 9. Чертежи: а – «Бейдж маленький»; б – «Бейдж большой»

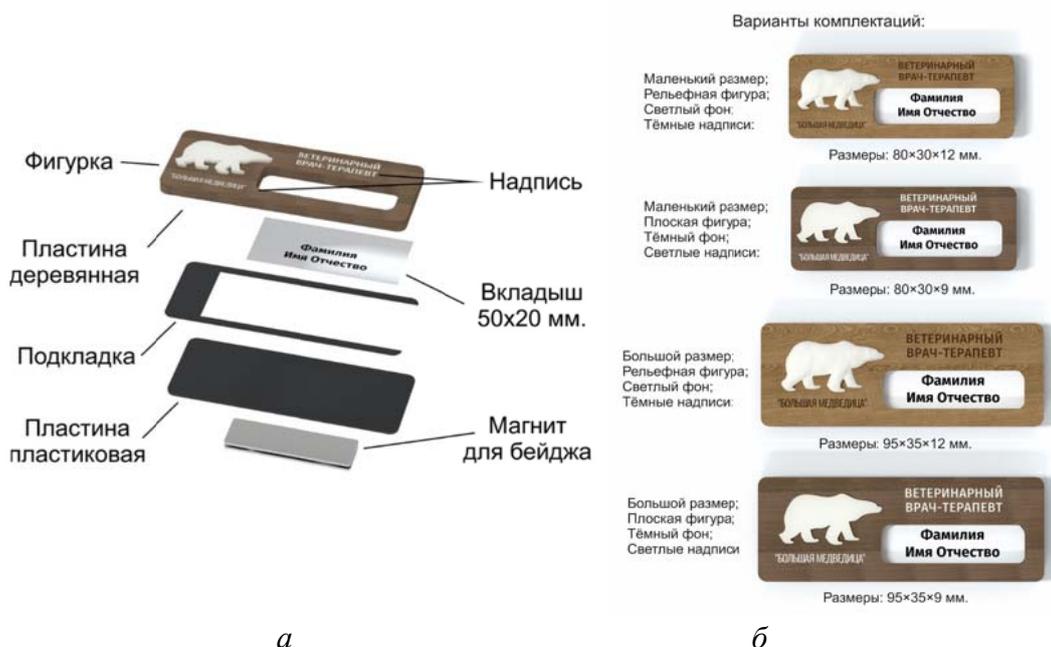


Рис. 10. Бейдж: а – взрыв-схема; б – варианты комплектаций

Заключение

Применение 3D-печати в сочетании с другими традиционными и новыми технологиями, такими как лазерная обработка древесины и пластмассы, позволяет разрабатывать изделия, отличающиеся своей новизной, уникальностью и индивидуальным оригинальным дизайном, который мог бы способствовать выделению компаний среди подобных на рынке, и соответственно увеличению продаж и популяризации бренда компании. Данный проект был высоко оценен потенциальным заказчиком ветеринарной клиникой «Большая Медведица». А следовательно, виден потенциал разработки позволяющий создавать дизайн, выгодно отличающийся от других компаний.

Список литературы

1. *Василенко, Е. В.* 3D-печать и ее применение в дизайне / Е. В. Василенко, В. В. Мурадова // ModernScience. – 2019. – № 7–2. – С. 39–42.
2. *Токарев, Б. Е.* Анализ рынка 3D-печати: технологии и игроки / Б. Е. Токарев, Р. Б. Токарев // Практический маркетинг. – 2014. – № 3(205). – С. 3–10.
3. Ветеринарная клиника «Большая Медведица» // Ветеринарная клиника «Большая Медведица». – URL: <https://bigbear18.ru> (дата обращения: 20.10.2021).

УДК 692.622.22

ГРНТИ 67.11.35

Д. Р. Голубев, студент

golubev124@yandex.ru

Э. В. Алиев, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Конструктивные особенности выдвижных лестниц, определяющие целесообразность их использования

Цель работы – нахождение способа экономии финансовых ресурсов и жилой площади помещений путем усовершенствования существующих распространенных конструкций лестничных пролетов с уклоном на улучшение качества жилья, безопасность и следование тенденциям прогресса в области строительных решений. Новизна работы заключается в использовании груза-противовеса для инновативности привычных сооружений. В результате выявлен способ преобразования традиционных лестничных маршей в подвижную конструкцию.

Ключевые слова: лестница; марш; противовес; трос; блок.

При планировке и строительстве любого помещения часто сталкиваются с проблемой размещения внутренних междуэтажных лестниц. Лестничные конструкции из дерева, бетона или на металлическом каркасе являются неотъемлемой частью абсолютно каждого многоэтажного строения [1]

Маршевые стационарные лестницы, хоть и являются самыми удобными, надежными и безопасными из всех типов лестниц, требуют однако больших материальных вложений, значительных ресурсов и занимают очень большие объемы пространства (жилой площади) [2]. При планировании жилого помещения перед планировщиком нередко встает задача: куда стоит разместить лест-

ницу так, чтобы ее размеры и расположение соответствовали требованиям ГОСТ 23120-2016, при этом она удовлетворяла бы желаниям того, кто собирается по ней ходить, не загромождала доступ к другим помещениям, была бы комфортабельной, красивой и устойчивой. Один лестничный марш может зачастую занимать объем, равный и даже превышающий объем целой жилой комнаты, при этом перед ним и после него всегда нужно оставлять никак неиспользуемое пространство. Для того чтобы установить стационарную лестницу, требуется выделить довольно большую площадь помещения в связи с нормами СНиП 21-01-97, в которых оговаривается возможный угол наклона. Он не должен выходить за пределы 30–45 градусов.

Любая лестничная конструкция представляет собой потенциальную опасность для человека, особенно для маленьких детей и людей преклонного возраста. Очень часто при строительстве возникают ситуации, при которых приходится идти на уступки и монтировать неудобную, несоответствующую стандартам лестницу, в разы увеличивая риск получения серьезных травм. При решении указанных вопросов рассматривают множество вариантов, из которых наиболее подходящий основан на материальных возможностях. Выдвижные лестницы на второй этаж являются одним из наиболее доступных решений. У них есть свои неоспоримые преимущества и определенные недостатки, которые необходимо учитывать при выборе [2, 4], но самое главное – лестница подвижна и в собранном виде не занимает жилого пространства, за исключением потолочного проема.

Если посещение второго этажа или мансарды предполагается слишком редко, то выходом может стать обычная приставная лестница, но в случае постоянной потребности в помещении, расположенном на верхнем уровне, пользоваться ей будет слишком неудобно и небезопасно [3]. Раскладывающаяся в нужный момент лестница – лучший вариант для экономии драгоценного пространства, средняя стоимость которого в России, согласно приказу «О показателях средней рыночной стоимости одного квадратного метра общей площади жилого помещения по субъектам Российской Федерации

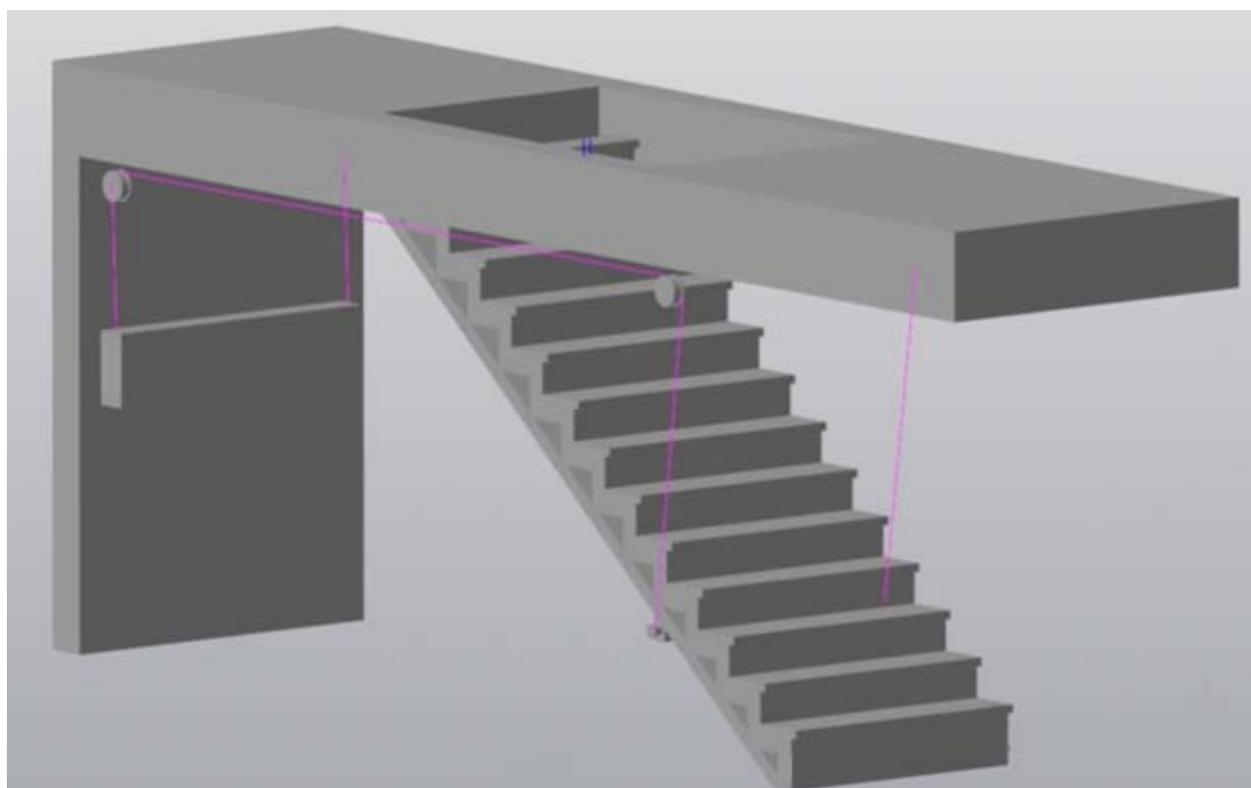
на II квартал 2021 года» от 26.02.2021 г. № 94/пр, на 2021 год составляет от 40000 до 120 000 рублей за квадратный метр. При установке складывающейся лестницы можно сэкономить до 15 м² пространства, соответственно до 1 800 000 рублей.

Предлагаемая конструкция, как мы считаем, свободна от следующих значимых недостатков:

- нерациональное использование жилой площади;
- денежные затраты за «пустое пространство» – пространство, на котором нельзя ничего разместить;
- потенциальная опасность для детей и пожилых;
- ограничение доступа в другие помещения;
- неудобство конструкции;
- несоответствие нормативным документам.

Выдвижная лестница на второй этаж представляет собой привычную конструкцию лестничного марша на металлическом каркасе из двух косоуров, сделанных из профильной трубы путем дуговой сварки, однако приводимая в движение за счет установленного в противовес через систему блоков и тросов груза. Противовес, воздействуя на центральную часть косоура, выполняет очень важную роль, в несколько раз повышая несущую способность всей конструкции. Кроме того, противовес позволяет конструкции быть полностью механической, никаких дополнительных источников приложения силы не требуется, за исключением начального «толчка» от пользователя. Груз под своим весом постоянно тянет конструкцию вверх, тем самым складывая лестницу в потолочный проем первого этажа. При необходимости на первом этаже лестница приводится в движение легким нажатием и через несколько секунд позволяет подняться на этаж выше. В случае если нужно спуститься на этаж, достаточно небольшого давления сверху – наступить на первую ступень, чтобы лестница за считанные секунды сама опустилась. Вращательное движение происходит за счет петель, крепящихся в пространство потолочного проема. Внутри груза-противовеса находятся отдельные грузовые элементы в виде дуг, которые можно

в любой момент вручную подвесить на противоположную сторону лестницы и по надобности сделать тем самым ее стационарной. В поднятом состоянии конструкцию можно неподвижно зафиксировать во избежание непредвиденных случаев. Проем в полу второго этажа ограждается перилами или при поднятой лестнице закрывается планкой, перекрывая к ней доступ. Для возобновления доступа планка легко складывается в потолочный проем или открываются ворота перил. 3D-модель конструкции лестницы на тросах с противовесом в опущенном виде показана на рисунке.



3D-модель подвижной лестницы

Таким образом, предложенное решение позволяет сэкономить жилое пространство, соответственно, смягчить ряд ограничений на приобретаемую недвижимость, прежде всего финансовых. При использовании данной конструкции нет надобности делать лестницу неудобной, непрактичной и опасной из-за ограничений в размерах, ее можно разместить, например, прямо в коридоре любого помещения, не перекрыв при этом доступ в отдельные комнаты и не ог-

раничив перемещение по нему. В дополнение ограничивается доступ к лестнице маленьким детям, исключая риск получения травм.

Список литературы

1. *Зингер, Б. И.* Лестница вашего дома. – Москва : Архитектура-С, 2006. – ISBN 5-9647-0098-5.
2. *Столяров, А. Н.* Строим лестницы. – Москва : Цитадель-трейд, 2006. – ISBN 5-7717-0064-9.
3. Лестницы и перила. – Москва : Вече, 2001. – ISBN 5-7838-0995-0.
4. *Новицкий, О. В.* Современные лестницы. Проектирование, изготовление, монтаж. Москва : Аделант, 2005. – 5-93642-045-0 изд.

УДК 528.8.042

ГРНТИ 59.14.23

И. Е. Гусаров, магистрант

gusarovie@udman.ru

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

А. И. Калугин, кандидат физико-математических наук

Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН

Призмный дефлектор лазерного сканера

Разработана методика расчета параметров призмного дефлектора (число граней, габаритные размеры). Показаны варианты определения коэффициента полезного использования грани, связывающего параметры призмного дефлектора, лазерного пучка и режима сканирования. Выполнены расчеты призмных дефлекторов в зависимости от углов сканирования и числа граней. Установлены особенности разработки и применения призмных дефлекторов в устройствах лазерного сканирования.

Ключевые слова: лазерное сканирование; сканер; призмный дефлектор; сканирующая система.

Одной из задач лазерного сканирования является последовательное зондирование сканируемого пространства с заданными угловыми размерами импульсным лазерным излучением. Наиболее простым методом для решения данной задачи является передвижение самого устройства или использование различных движущихся оптических элементов, называемых оптомеханическими сканерами. Одним из самых распространенных оптомеханических элементов является призмный дефлектор (ПД), с помощью которого осуществляется заполнение сканируемого пространства по одной координате. Сканирование по второй координате происходит за счет использования второго оптомеханического сканера.

Призмный дефлектор представляет собой вращающуюся многогранную призму с отражающими гранями, выполненную из стекла или металла с технологическим отверстием для крепления элемента на ось вращения.

Главными параметрами дефлектора является количество отражающих граней m , относительная длительность цикла или коэффициент полезного использования грани C , угол подачи лазерного излучения на грань α , получаемый угол развертки строки сканирования σ и геометрические размеры элемента. Схема работы сканера с ПД приведена на рис. 1.

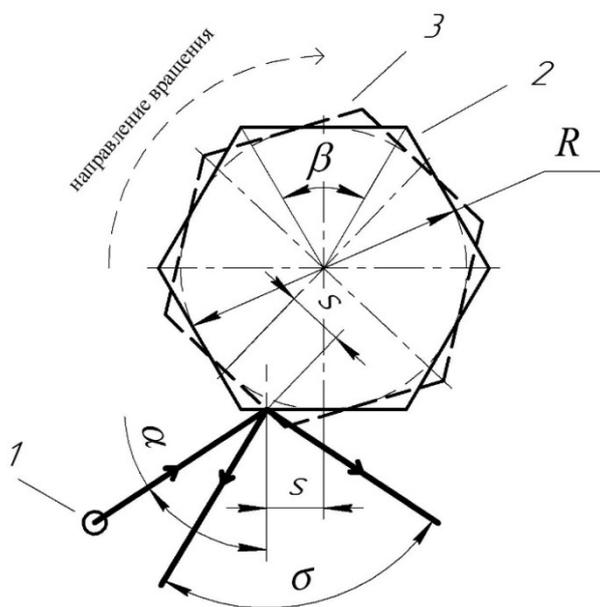


Рис. 1. Схема работы сканера с ПД:

1 – лазер; 2 – ПД в начальном положении; 3 – ПД в конечном положении

Строка кадра формируется следующим образом. Излучение, направление которого перпендикулярно оси вращения, падает на грань ПД под углом α к нормали грани на расстоянии s от его оси. Дефлектор начинает свое движение в направлении вращения из начального положения 2 и достигает конечного положения 3, при котором излучение от лазера вновь попадает на грань на расстоянии s от центра грани ПД. Легко видеть, что расстояние s определяется следующим образом:

$$s = R \cdot C \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}, \quad (1)$$

где $\beta = \frac{2\pi}{m}$ – угол развертки одной грани ПД; R – радиус вписанной в многогранник ПД окружности.

Для определения необходимого количества граней m требуется знать коэффициент полезного использования грани C , который связывает диаметр пучка и длину грани ПД [1, 2]:

$$m = C \cdot \frac{4 \cdot \pi}{\sigma} \quad (2)$$

Из уравнения (2) следует, что число m ограничено неравенством:

$$m < \frac{4 \cdot \pi}{\sigma} \quad (3)$$

Для определения коэффициента C рассмотрим детально его геометрический и физический смысл. Геометрически он связан с числом лазерных пятен, которые попадают на грань за время поворота ПД на угол β , а также с углами развертки и сканирования.

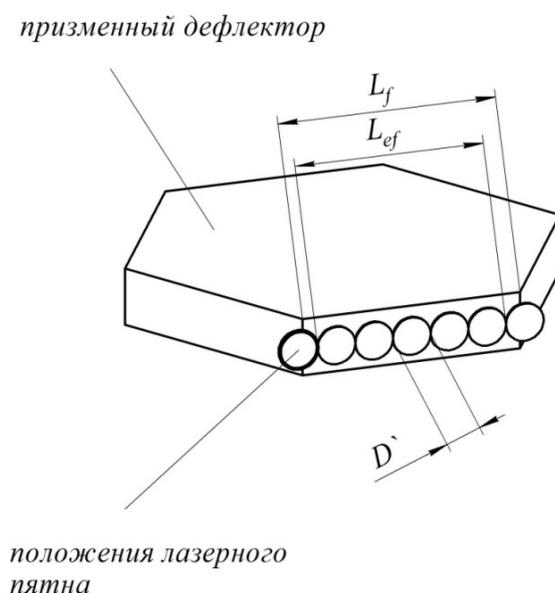


Рис. 2. Поясняющий рисунок

Из рис. 2 видно, что длина грани ПД L_f может вместить некоторое количество проекций лазерных пятен N с диаметром D' , границы которых не вы-

ступают за отражающую грань. В совокупности они займут часть грани, которую называют полезной длиной и которая равна:

$$L_{ef} = D' \cdot (1 - \eta_0) \cdot N, \quad (4)$$

где $D' = D/\cos(\alpha)$ – максимальный размер проекции лазерного пятна диаметром D на грани ПД; η_0 – коэффициент перекрытия лазерных пятен на грани.

Очевидно, что крайние выступающие пятна не полностью отражаются в направлении области сканирования и, кроме того, могут внести значительную погрешность в результат сканирования вследствие возникновения паразитных отражений от соседних граней. Поэтому эти крайние участки грани ПД не применяются. Таким образом, опираясь на рис. 2, можно вывести следующее выражение:

$$C = \frac{L_{ef}}{L_f}. \quad (5)$$

Полное количество пятен в формируемой строке кадра зависит от линейных размеров сканируемого поля и определяется как

$$N = \frac{L_\delta}{D_l \cdot (1 - \eta)}, \quad (6)$$

где $L_\delta = 2 \cdot l \cdot \text{tg}(\sigma/2)$ – длина строки кадра на расстоянии l от сканера; $D_l = D' + 2 \cdot l \cdot \text{tg}(\theta)$ – диаметр лазерного пятна на расстоянии l от сканера при расходимости излучения θ ; η – коэффициент перекрытия лазерных пятен на расстоянии l от сканера.

Рассмотрим подробнее параметр перекрытия пятен η . Под коэффициентом перекрытия лазерных пятен следует понимать отношение длины перекрытия двух соседних пятен к диаметру лазерного пятна:

$$\eta = \frac{l_n}{D_l}. \quad (7)$$

Данный коэффициент является свободным параметром при проектировании лазерной системы сканирования, причем его значение выбирается из требования к качеству заполнения области пространства (рис. 3).

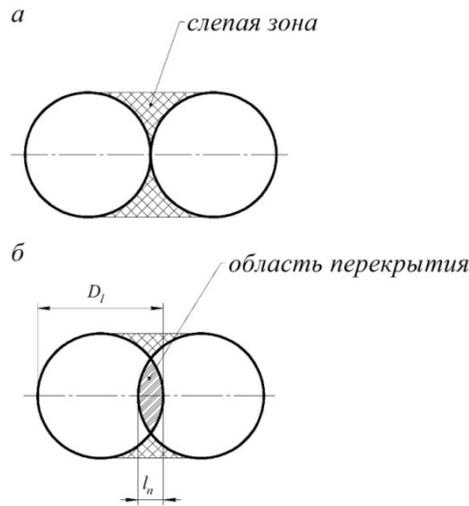


Рис. 3. Поясняющий рисунок к коэффициенту перекрытия лазерных пятен:

а – без перекрытия; б – с перекрытием

Как видно из рис. 3, при увеличении длины перекрытия лазерных пятен l_n и, как следствие, коэффициента перекрытия η , уменьшается площадь слепой зоны, что благотворно сказывается на качестве получаемой из области сканирования информации. Очевидным является тот факт, что построение строки кадра с высоким значением η требует использования лазера с высокой частотой следования импульсов.

Таким образом, выбрав величину η исходя из параметров лазера и размеров сканируемой области с помощью соотношения (6), можно оценить число лазерных импульсов, требуемых для сканирования заданного поля. Далее с помощью выражения (4) легко найти полезную длину грани ПД.

Следующим шагом будет определение длины грани ПД L_f и толщины ПД d . С учетом максимального размера проекции лазерного пятна минимально возможную длину грани полигонального зеркала можно найти по формуле

$$L_f = \frac{D'}{1 - C}. \quad (8)$$

Решая совместно уравнения (5) и (8), легко вычислить коэффициент полезного использования грани и ее длину. Зная C , из выражения (2) получаем максимально возможное число граней m . Однако часто из практических соображений удобнее взять число граней меньше максимально возможного, т. к. это

приводит к уменьшению габаритных размеров. В этом случае коэффициент C вычисляют из соотношения (2), а затем с помощью (8) находят длину грани. Поскольку C определяет полезную длину грани, которая, в свою очередь, через выражение (4) ограничивает число лазерных импульсов или диаметр лазерного пятна, то уменьшение числа граней приводит к изменению угловых параметров области сканирования и изменению объектива лазерного излучателя.

Ширину грани полигонального зеркала d можно вычислить по формуле:

$$d = D \cdot K, \quad (9)$$

где K – коэффициент запаса, который выбирается из максимально допустимого смещения центра пучка относительно центра грани.

Исходя из рассчитанных величин L_f и m , можно найти радиус вписанной окружности R в многоугольник ПД:

$$R = \frac{L_f}{2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{m}\right)}. \quad (10)$$

Для крепления ПД на ось вращения следует выполнить в его центре технологическое отверстие, радиус которого равен [1]

$$r = \frac{\left(\frac{w}{57,3} \cdot 32,16 \cdot \sigma_t\right)^2}{\rho} - R^2, \quad (11)$$

где w – предельная скорость вращения; σ_t – предел текучести материала ПД; ρ – плотность материала ПД.

Параметры ПД, кроме геометрических ограничений на область сканирования, также определяют число лазерных импульсов, требуемых для сканирования заданной области, т. е. они связаны с частотой лазерных импульсов и временем сканирования. Исходя из физического смысла коэффициента C его можно выразить как отношение полезного времени использования грани t_{ef} к времени построения строки кадра t_k :

$$C = \frac{t_{ef}}{t_k}. \quad (12)$$

Вычислив отсюда эффективное время использования грани, далее с учетом необходимого количества лазерных пятен N можно рассчитать минимальную частоту следования импульсов лазерного излучения:

$$v \geq \frac{N}{t_{ef}}. \quad (13)$$

Расчеты параметров ПД при угле развертки строки сканирования $\sigma = \pi / 2$, угле подачи излучения $\alpha = \pi / 3$, диаметре пучка $D = 2$ мм, расходимости лазерного излучения $\theta = 1,5$ мрад, коэффициенте запаса $K = 1,2$, времени построения строки сканирования $t_k = 2$ с, коэффициенте перекрытия $\eta = 0,5$ и расстоянии до поля сканирования $l = 10$ м приведены в табл. 1

Таблица 1. Результаты расчета ПД

Количество граней ПД	Коэффициент полезного использования грани	Длина грани, мм	Полезная длина грани, мм	Радиус вписанной окружности, мм	Частота следования импульсов, кГц
3	0,375	3,695	1,386	1,067	3,137
4	0,5	4,619	2,309	2,309	2,353
5	0,625	6,158	3,849	4,238	1,882
6	0,75	9,238	6,928	8	1,569
7	0,875	18	15,75	19	1,345

Из табл. 1 видно, что при приближении количества граней к максимальному значению, увеличивается коэффициент полезного использования грани, но одновременно с этим происходит увеличение габаритных размеров ПД и уменьшение частоты следования лазерных импульсов, что позволяет уменьшить диаметр лазерного пятна или увеличить коэффициент перекрытия пятен в области сканирования. Коэффициент C определяет также время перехода с одной грани на другую, т. е. время перехода с одной строки сканирования на другую. При больших коэффициентах время перехода значительно сокращается, что может вызывать проблемы с кадровой разверткой. Другим недостатком

такой системы является уменьшение коэффициента полезного использования грани с ростом угла развертки σ . С другой стороны, в отличие от других систем сканирования, ПД способен обеспечить большие углы σ и высокую скорость сканирования пространства [3].

Призмный дефлектор, разработанный по приведенным в данной работе формулам, используется в сканирующем блоке, 3D-модель которого приведена на рис. 4. Характеристики устройства приведены в табл. 2.

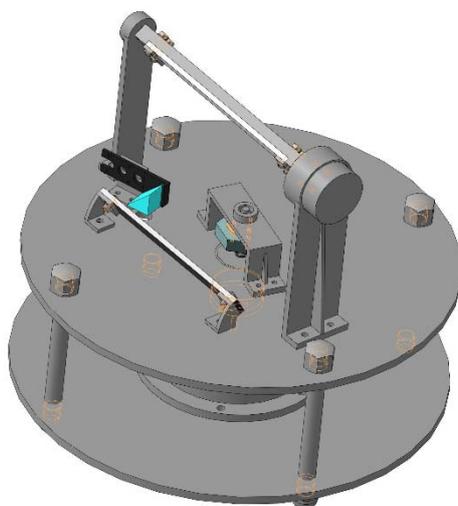


Рис. 4. Внешний вид разработанного устройства

Таблица 2. Характеристики разработанного устройства

Количество граней ПД	Коэффициент полезного использования грани	Длина грани, мм	Радиус вписанной окружности, мм	Угол подачи лазерного излучения	Угол развертки сканирования
6	0,75	16	14	$\pi/3$	$\pi/2$

Таким образом, при проектировании призмного дефлектора лазерного сканера возникает три способа определения относительной длительности цикла S , которые, в свою очередь, позволяют связать габаритные характеристики призмного дефлектора с параметрами требуемого режима сканирования и параметрами источника лазерного излучения. Разработанная методика расчета ПД применена для изготовления сканирующего блока в макете лазерного ло-

катора малого радиуса действия. Сканирующий блок позволяет выполнять быстрое лазерное зондирование широкого пространства.

Список литературы

1. *Marshall, G. F.* Handbook of Optical and Laser Scanning / *G. F. Marshall, G. E. Stutz.* Marcel Dekker Inc., 2004. – 778 p.
2. *Virgin-Florin, D.* Novel approaches in the designing of the polygon scanners // ROMOPTO 2006: Eighth Conference on Optics. September 4 – September 7, 2006, Sibiu, Romania, Proceedings. Virgin-Florin Duma, 2006. – Vol. 6785-61.
3. Выбор сканера для лазерной локационной системы / С. И. Артамонов [и др.] // Оптический журнал. – 2016. – Т. 83. № 9. – С. 51–58.

УДК 64.066

ГРНТИ 67.53.03

Ю. В. Добрякова, магистрант

yulya.dobryakova@mail.ru

А. А. Лебедева, старший преподаватель

Д. Н. Попов, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Анализ причин повреждений коммунальных сетей и методы оценки остаточного ресурса

В работе рассмотрена актуальная проблема надежности сервисных сетей, обеспечивающих функционирование систем жизнеобеспечения зданий и сооружений. Представлены и охарактеризованы методы выявления причин появления повреждений и прогнозирования отказов на водо- и газотранспортных объектах. Дано описание феноменологического подхода к научно-техническому прогнозированию. На его основе разработана и численно реализована математическая модель, включающая аппроксимацию правой части логистической функции на основании статистического материала и решение полученных нелинейных уравнений методом Ньютона. Представлены результаты расчетов.

Ключевые слова: надежность; отказы на коммунальных сетях; системы водо-, газо- и теплоснабжения; логистическая кривая; научно-техническое прогнозирование.

Современные города отличаются развитой подземной инфраструктурой, в частности, разветвленными коммунальными сетями водо-, газо- и теплоснабжения, выполненными из различных материалов и имеющих относительно длительный срок эксплуатации. В большинстве городских поселений Российской Федерации распределительные сети были построены несколько десятилетий назад и поэтому требуют регулярного ремонта, обновления и модернизации.

Методы причин повреждения коммунальных сетей включают в себя способы изучения феноменов, систематизацию, корректировку новых и полученных ранее знаний. Умозаключения и выводы делаются с помощью правил и принципов рассуждения на основе эмпирических (наблюдаемых и измеряемых) данных об объекте. Базой получения данных являются наблюдения и эксперименты. Для объяснения наблюдаемых фактов выдвигаются гипотезы и строятся теории, на основании которых формулируются выводы и предположения. Полученные прогнозы проверяются экспериментом или сбором новых фактов.

К основным подходам выявления причин повреждения тепловых сетей относятся методы изучения явлений, систематизации, корректировки новых и ранее полученных знаний. Выводы и заключения делаются с использованием правил и принципов рассуждений, основанных на эмпирических данных (наблюдаемых и измеримых) об объекте. Наблюдения и эксперименты – основа для получения данных. Чтобы объяснить наблюдаемые факты, выдвигаются гипотезы и строятся теории, на основе которых формулируются выводы и гипотезы. Полученные прогнозы проверяются экспериментально или путем сбора новых данных.

Научные методы можно разделить на следующие категории:

1. Теоретический (общенаучные методы – анализ и синтез, индукция и дедукция, обобщение; системный анализ, гипотетическое моделирование, математика и др.).
2. Эмпирические (наблюдение, самонаблюдение, сравнение, измерение, анкетирование, интервью).
3. Экспериментальная (лабораторные и натурные эксперименты, физическое моделирование).
4. «Случайные» методы исследования (в том числе экспертные) (мозговой штурм и др.).
5. Математика и статистика (регрессионный анализ, корреляционный анализ, факторный анализ и др.).

При изучении надежности технических систем [1] в большей степени используются такие научные методы, как теоретические, эмпирические и математико-статистические. Никакой метод нельзя абсолютизировать, превратить в единственно возможный способ научного исследования. Все методы важны и необходимы, каждый должен применяться там, где и когда он показан наиболее рациональным и эффективным образом. Ни один из методов научного исследования, изолированных от других методов, не может решить проблемы истины оптимальным и эффективным способом. В процессе научного познания необходимо применять все методы в их единстве и диалектической взаимосвязи. Умелое применение общенаучных методов в процессе познания создает более благоприятные возможности как для получения новых знаний о явлениях действительности, так и для более эффективного решения задач в процессе научно-исследовательской работы.

Кривая, изображенная на рис. 1, весьма часто встречается при качественном описании различного рода технико-экономических систем, а характеризующая ее функция носит название логистической [2]. Последняя с достаточной точностью аппроксимируется формулами вида

$$y(t) = \frac{y_1}{1 + ae^{-bt}}, \quad (1)$$

где a и b – некоторые константы.

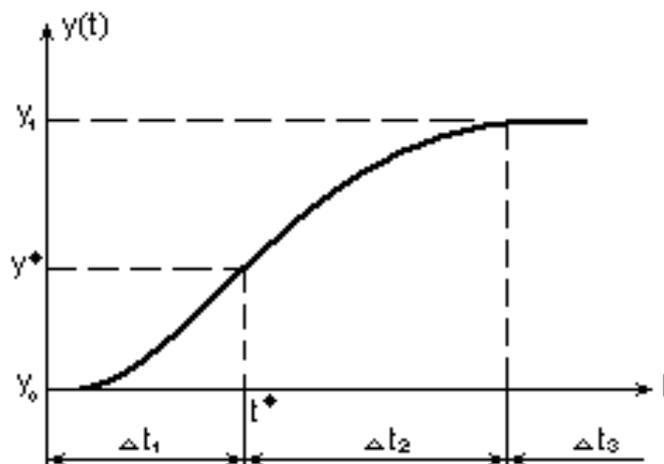


Рис. 1. Характерный переходный процесс

В результате преобразования (1) Флойдом [3] было получено следующее соотношение:

$$\ln(Y - 1) + Y = c_1 t + c_2, \quad (2)$$

где c_1 и c_2 – произвольные константы, для определения которых можно воспользоваться любым вариантом метода наименьших квадратов на основе имеющейся информации за истекший период времени. А далее, применяя известные методы определения корня нелинейного уравнения (2), вполне приемлемо прогнозировать технико-экономическую ситуацию в будущем.

В соответствии с этим авторами был разработан пакет прикладных программ, реализующий:

– метод наименьших квадратов с применением сингулярного разложения [4], что позволяет правую часть уравнения (2) представлять в виде полинома N -й (обычно не более 7) степени;

– метод Ньютона для решения уравнения (2) в области прогнозируемых значений t .

Данные программы были оттестированы на основе статистической информации [5] о затратах природного газа предприятиями Газпрома на собственные нужды в связи с использованием нового оборудования (турбокомпрессоры, газовые подогреватели газораспределительных станций и т. д.), необходимого для транспортировки указанного товарного продукта. С учетом рассчитанных в [5] коэффициентов уравнение (2) принимает вид

$$\ln \left[\frac{v(t)}{100 - v(t)} \right] + \frac{100}{100 - v(t)} = 0,11t - 3,05. \quad (3)$$

Однако, как показало сравнение действительных и прогнозируемых значений, рассчитанных автором, уравнение (3) можно несколько видоизменить:

$$\ln \left[\frac{v(t)}{100 - v(t)} \right] + \frac{100}{100 - v(t)} = 2,056 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 + 9,532 \cdot 10^{-2} \cdot t - 3,05. \quad (4)$$

Результаты тестовых расчетов и статистическая информация представлены на рис. 2.

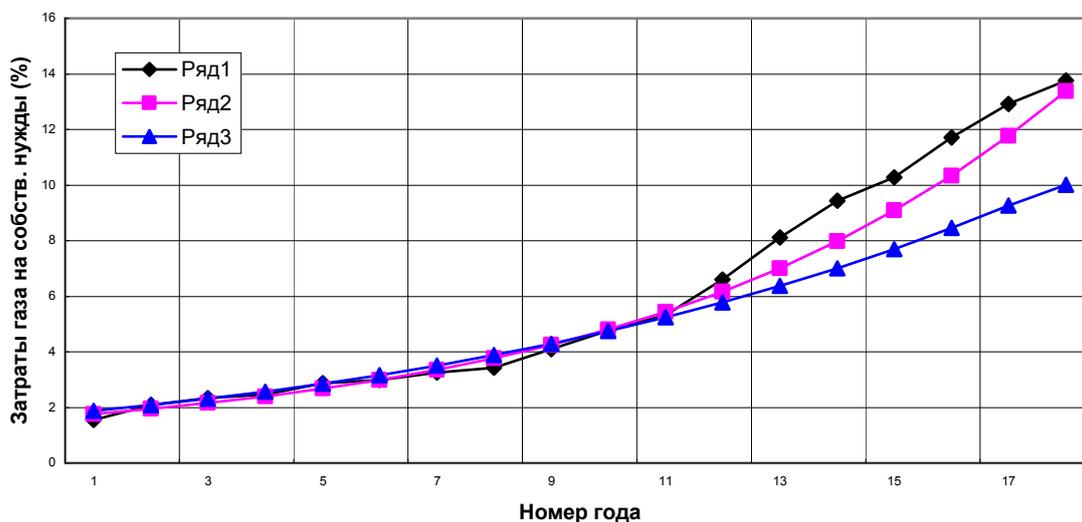


Рис. 2. Рост затрат природного газа на собственные нужды: 1 – статистические показатели за период 1965–1984 гг.; 2 – обработка за период 1965–1978 гг. и прогнозирование до 1984 г. по формуле (4); 3 – то же, но по формуле (3)

Используя информацию о характере и количестве аварийных заявок за 2019–2020 гг. на объектах АО «Газпром газораспределение Ижевск» и компьютерную реализацию вышеописанного метода, можно получить решения, характеризующие развитие ситуаций в 2021 г.

По каждой отдельной позиции определялось среднее значение

$$V_{\text{ср}} = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} V_i.$$

Отношение

$$v(t) = \frac{V}{V_{\text{ср}}}$$

использовалось далее в качестве определяющей функции. Результаты расчетов представлены на рис. 3–7.

Распределение аварийных ситуаций на подземных газопроводах в 2019 и 2020 гг. (рис. 3) аппроксимируется зависимостью

$$\ln \left[\frac{v(t)}{100 - v(t)} \right] + \frac{100}{100 - v(t)} = 6,341 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 1,7148 \cdot 10^{-1} \cdot t - 2,833.$$

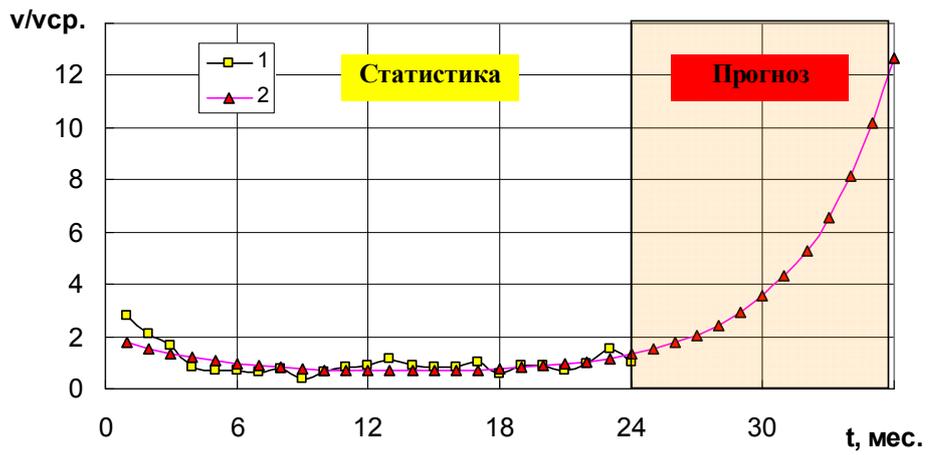


Рис. 3. Статистические (1) и прогнозные (2) значения аварийных случаев на подземных газопроводах

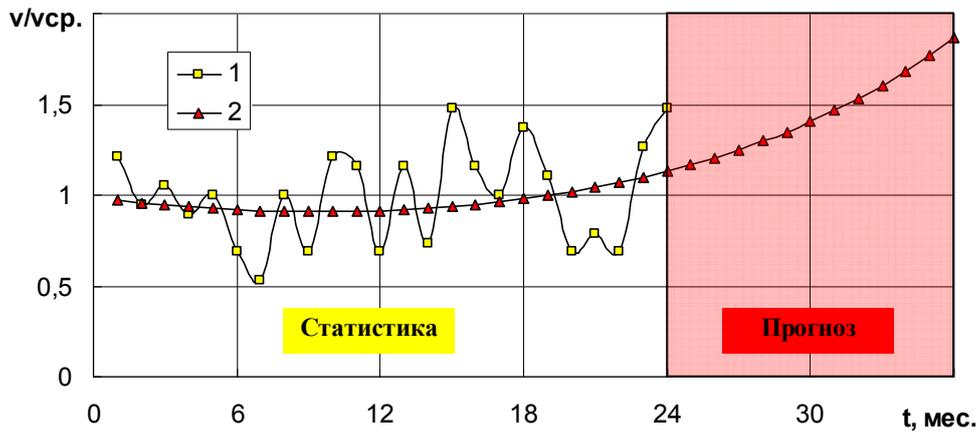


Рис. 4. Статистические (1) и прогнозные (2) значения аварийных случаев на газорегуляторных станциях, пунктах и установках

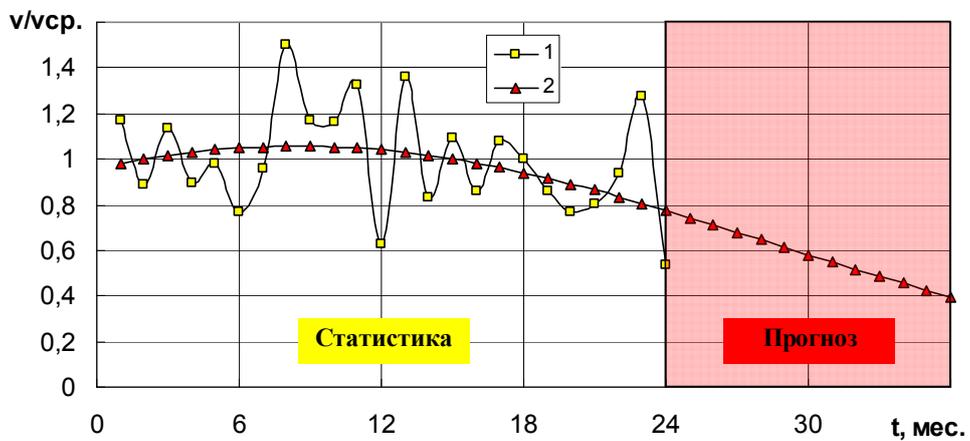


Рис. 5. Статистические (1) и прогнозные (2) значения аварийных случаев на внутридомовых сетях газоснабжения

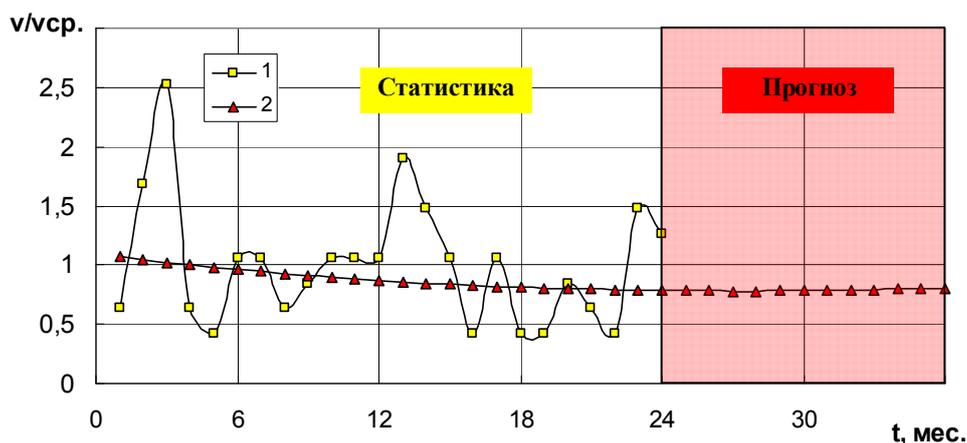


Рис. 6. Статистические (1) и прогнозные (2) значения аварийных случаев на оборудовании баллонных и резервуарных установках СУГ

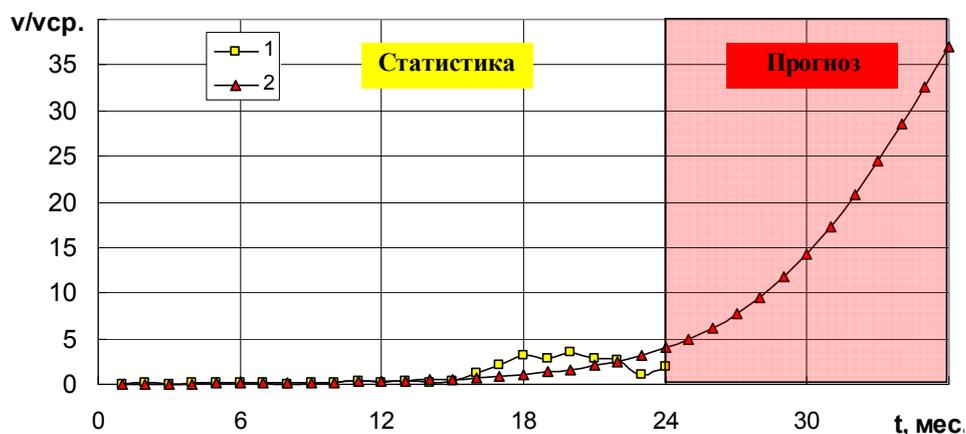


Рис. 7. Статистические (1) и прогнозные (2) значения аварийных случаев на объектах коммунальной энергетики

Несмотря на снижение показателя в начале наличие двух пиков в 2020 г. устремляет прогнозную кривую кверху. Увеличения аварийных случаев следует ожидать также на станциях, пунктах и установках редуцирования газа. Обработка данных здесь представляет соотношение

$$\ln \left[\frac{v(t)}{100 - v(t)} \right] + \frac{100}{100 - v(t)} = 1,0337 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 1,9092 \cdot 10^{-2} \cdot t - 3,5949.$$

Логистическая кривая для внутренних систем газоснабжения жилых зданий (рис. 5), определяемая зависимостью

$$\ln \left[\frac{v(t)}{100 - v(t)} \right] + \frac{100}{100 - v(t)} = -1,3151 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 + 2,2358 \cdot 10^{-2} \cdot t - 3,6239,$$

имеет тенденцию к снижению в области прогнозируемых значений.

Примерно стабильный характер (рис. 6) имеет зависимость

$$\ln \left[\frac{v(t)}{100 - v(t)} \right] + \frac{100}{100 - v(t)} = 4,6321 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 2,5456 \cdot 10^{-2} \cdot t - 3,4843,$$

построенная для случаев на установках, использующих сжиженный углеводородный газ.

Существенный рост аварийных ситуаций предполагается на котельных и у коммунальных потребителей газа низкого, среднего и высокого давлений (рис. 7). Увеличению прогнозных значений здесь, несомненно, поспособствовало резкое повышение количества случаев в 2020 г. Аппроксимирующее соотношение имеет вид

$$\ln \left[\frac{v(t)}{100 - v(t)} \right] + \frac{100}{100 - v(t)} = 2,0561 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 + 9,5321 \cdot 10^{-2} \cdot t - 3,096.$$

Список литературы

1. *Матвеевский, В. Р.* Надежность технических систем : учеб. пособие. – Москва : Москов. гос. и-т электроники и математики, 2002. – 113 с.
2. *Эйрес, Р.* Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование. – Москва : Мир, 1971. – 296 с.
3. *Флойд, А. Л.* Методы прогнозирования тенденций изменения показателей технической эффективности // Научно-техническое прогнозирование для промышленности и правительственных учреждений. – Москва : Прогресс, 1976. – С. 95–115.
4. *Форсайт, Дж.* Машинные методы математических вычислений / Дж. Форсайт, М. Малькольм, К. Моулер ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1980. – 280 с.
5. *Кучин, Б. Л.* Научно-техническое прогнозирование развития систем газоснабжения / Б. Л. Кучин, А. Д. Седых, Л. А. Овчаров. – Москва : Недра, 1987. – 256 с.

УДК 004.032.26

ГРНТИ 55.01.77

Я. В. Жижина, студент

yana_zhizhina@list.ru

В. С. Берестова, студент

lera.berestova.2000@mail.ru

Н. Н. Васильева, старший преподаватель

ryabkowan@mail.ru

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Разработка браслета-автопилота для слепых и слабовидящих людей

В настоящее время для того, чтобы в большей степени социализироваться слабовидящим и незрячим людям, необходимы дополнительные средства, механизмы, которые могли бы поспособствовать этому процессу. На основе вспомогательных средств для таких людей был разработан браслет-автопилот, работающий посредством нейронной сети. Целостный механизм включает в себя широкоугольную камеру, ультразвуковой датчик, радар, навигационную систему, систему голосового управления, систему обратной связи, наушники, блок зарядки.

Ключевые слова: нейронная сеть; ультразвуковая волна; навигация; безопасность; радар.

Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения, на данный момент в мире с той или иной формой нарушения зрения насчитывается около 1,3 млрд человек. Из них от 36 до 39 млн – тотально слепые, среди которых 1,4 млн – необратимо слепые дети [1].

Основная часть

Предлагаемая разработка направлена на создание многофункционального браслета для слабовидящих и незрячих людей с целью повышения их безопасности жизнедеятельности. На данный момент существует несколько альтернативных вариантов, но, к сожалению, они не оснащены достаточным комплексом систем, которые смогли бы обеспечить безопасность передвижения слабовидящего или слепого человека в полной мере.

Механизм работает на основании нейронной сети, куда поступают сигналы от составных частей системы. Для данной разработки более подходящей является свёрточная нейронная сеть. Свёрточные нейронные сети применяются для оптического распознавания образов, классификации изображений, детектирования предметов, семантической сегментации и других задач [2]. Принцип работы нейронной сети заключается в следующем: на вход подается изображение какого-либо предмета, сеть обрабатывает его и выдает свое заключение с помощью системы обратной связи, называя, что это за предмет.

Принцип работы браслета-автопилота для слепых и слабовидящих людей, в котором указаны связи между элементами системы, изображен на рис. 1.



Рис. 1. Принцип работы браслета-автопилота

Предлагаемая разработка базируется на принципе работы автопилота, но в данном случае для пешего вида передвижения. Она основана на визуальной,

ультразвуковой и радиопередаче сигнала нейронной сети, которая, в свою очередь, декодирует поступившую информацию в звуковом виде.

Одна из составных частей разрабатываемого браслета – широкоугольная камера с углом обзора 82° , которая захватывает все пространство впереди носителя. Камера распознает сигналы светофора, дорожные знаки, разметку на пешеходной зоне (велосипедные и пешеходные дорожки), наличие пешеходного перехода. Далее камера передает картинку нейронной сети, и последняя выдает свое «заключение», например: «Горит зеленый сигнал светофора для пешеходов – переход разрешен».

Ультразвуковой датчик – это устройство, предназначенное для определения расстояния от датчика до объекта. Датчик состоит из передатчика, генерирующего ультразвуковые волны, приемника, который «слушает» эхо, и обвязки для нормальной работы модуля. Принцип работы данного устройства заключается в том, что он генерирует ультразвуковую волну, после того, как эта волна отражается от объекта и возвращается в датчик, он рассчитывает дальность нахождения препятствия, учитывая время, затраченное на путь волной [3]. Затем датчик сообщает нейронной сети данную информацию, которая ее декодирует и передает пользователю через наушник. Данное приспособление сможет искать преграды на расстоянии до 5 метров.

Радар – это детектор, который сигнализирует пользователю о том, что в радиусе своего действия он принимает сигналы каких-либо диапазонов, на которые он настроен [4]. Данное устройство работает при помощи распространения радиоволны, ища препятствия в виде человека, автомобиля, животного, столба и прочего, на расстоянии до 100 метров. Таким образом, система может заранее предупредить носителя о том, что впереди едет самокат, велосипед и прочее транспортное средство, которое имеет достаточно высокую скорость, по отношению к скорости передвижения обычного пешехода.

Для большего удобства передвижения в браслет встроена интегрированная инерциально-спутниковая навигационная система, которая работает на голосовом управлении. Ее преимуществами являются: непрерывность сигнала,

возможность расчета угловой ориентации объекта, высокая частота получения навигационных данных [5]. Для того чтобы сообщить ей о намерении попасть в какое-либо место, достаточно нажать на кнопку, расположенную справа от системного блока браслета, продиктовать точный адрес конечного маршрута, либо задать вопрос, к примеру: «Где находится ближайший продуктовый магазин?».

Аккумулятор имеет емкость 1090 Ампер-часов. Время непрерывной работы 7–8 часов.

В комплекте с браслетом идет зарядный блок и наушники. Зарядный блок питается от сети, а для зарядки достаточно положить устройство на зарядный блок, который примагничивает его и начинает зарядку. Также зарядное устройство является двойным: для зарядки наушников и браслета. Наушник сопрягается с браслетом с помощью *Bluetooth*.

Для работы при любых погодных условиях браслет покрыт водоотталкивающей пленкой.

Прототип браслета-автопилота для слепых и слабовидящих людей изображен на рис. 2. Внешне можно заметить только наличие мини-радара, микрокамеры, ультразвукового датчика и кнопки навигации, остальные элементы находятся в системном блоке браслета.

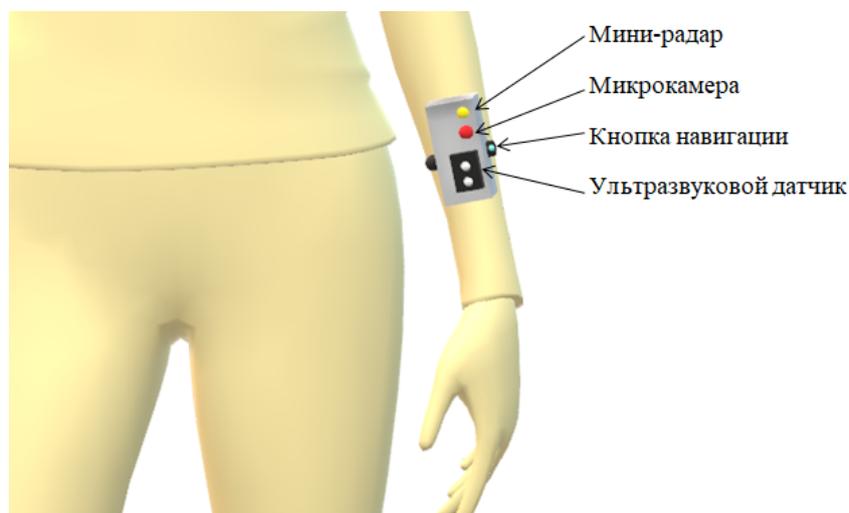


Рис. 2. Прототип браслета-автопилота для слепых и слабовидящих людей

Стоимость данного браслета, руб.:

1. Корпус (материал – фторопласт натуральный) – 416
2. Микрокамера VX600z – 5100
3. Ультразвуковой датчик HS-CR04 – 490
4. Мини-радар – 3500
5. Нейронная сеть – 25 000
6. Навигационная система – 1500;
7. Bluetooth-система – 1500
8. Аккумулятор CameronSino – 500
9. Зарядное устройство – 1000
10. Водонепроницаемые наушники – 5799
11. Водонепроницаемая пленка – 200
12. Магнит – 15
13. Кнопка – 100
14. Техническая поддержка – 10 000

Итого: 55 120

Система поможет слабовидящим и незрячим людям более комфортно и безопасно передвигаться по улице, уменьшая возможность их столкновения с другими участниками движения и другие инциденты.

Заключение

Предлагаемый механизм сможет в некоторой степени скомпенсировать отсутствие зрения и поспособствовать ведению социальной жизни незрячего человека, будет неким поводырем.

В совокупности действия систем, составляющих механизм, исключат возможности травмирования носителя.

Также допускается, что в качестве социальной поддержки государство обеспечит данными браслетами людей, имеющих инвалидность по зрению.

Список литературы

1. Слепота и нарушения зрения. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/blindness-and-visual-impairment> (дата обращения: 25.10.2021).
2. *Сикорский, О. С.* Обзор сверточных нейронных сетей для задачи классификации изображений // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2017. – № 20. – С. 23.
3. Ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04 / В. А. Жмудь [и др.] // Автоматика и программная инженерия. – 2017. – № 4 (22). – С. 18.
4. Назначение, типы и характеристики радар-детекторов. – URL: <https://bank.nauchnietati.ru/primery/nauchnaya-statya-na-temu-naznachenie-tipy-i-harakteristiki-radar-detektorov-imwp/> (дата обращения: 26.10.2021).
5. *Ибраев, А. С.* Система навигации транспортного средства на основе интегрированной ИНС/СНС/Одометрии // Технические науки – от теории к практике. – 2017. – № 5 (65). – С. 33.

УДК 004.896/621.865

ГРНТИ 55.30.31

И. С. Звонарев, аспирант
atmoscrystalline@gmail.com

Ю. Л. Караваев, кандидат физико-математических наук, доцент
ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Анализ систем управления мобильных роботов с элементами интеллектуального управления

Статья посвящена аналитическому обзору архитектур искусственных нейронных сетей, эффективно используемых в системах планирования траектории и управления мобильными роботами. На основании анализа синтезируется структура системы управления, предлагаемая автором как основа для дальнейших исследований.

Ключевые слова: мобильный робот; система управления; ИНС; навигация; обучение.

Введение

В последнее время все больше процессов из разных общественных сфер подвергается роботизации. Сообщества ученых и специалистов в направлениях робототехники и искусственного интеллекта активно сотрудничают для создания интеллектуальных мехатронных и робототехнических систем, минимизирующих вовлеченность человека в рабочий процесс и увеличивающих точность, качество и эффективность работы.

Исследования в данной области посвящены разработке оптимальных систем управления: группами мобильных роботов [1] или роевых систем; роботами с дифференциальными приводами [2]; сложными шагающими роботами или реабилитационными экзоскелетами [3]. Кроме того, актуальны исследования

систем интеллектуального перерегулирования с учетом влияния внешних факторов и самообучающихся систем предназначенных для роботов со сложной динамической моделью.

Созданием подобных интеллектуальных систем управления, предназначенных для складских роботов, роботов доставки, беспилотных автомобилей, военных роботов, реабилитационных роботов и роботов ассистентов, занимаются такие технологические гиганты, как Яндекс, *Google*, Сбербанк, *Amazon*, *Star Line* и *Boston Dynamics*.

На данный момент существует множество способов корректировки положения и траектории робота без использования искусственных нейронных сетей, например, систем с итеративным контролем обучения, обеспечивающих отслеживание желаемой траектории. Система такого вида описывается в работе [4]. Авторы этой работы предлагают систему с коррекцией траектории по данным с внесистемной, статично расположенной камеры. Эта методика приводит к значительному улучшению позиционирования робота в пространстве и отслеживанию его траектории движения, нежели использование оптимального управления, нечеткого управления, управления в скользящем режиме и пошагового подхода. Однако коррекция ошибки в ориентации робота во всех вышеперечисленных методах возможна при введении некоторых ограничений, что в последствие, при использовании в реальных условиях, приводит к появлению неучтенных факторов, негативно влияющих на рабочие процессы. Применение интеллектуального управления направлено на учет этих нежелательных факторных явлений и минимизацию их влияния.

Системы интеллектуального управления позволяют исключить человеческий фактор в рабочем процессе и увеличить самодостаточность механизма или его отдельных модулей. Сложность и универсальность подобных систем заключается в разработке системы многоуровневого контроля процессов взаимодействия устройства с внешней средой [5]. Эта разработка предполагает контроль показаний группы датчиков, их анализ и интеллектуальное принятие решений или корректирование управляющих воздействий.

Для реализации интеллектуального управления в ключевых блоках системы используют искусственные нейронные сети (ИНС). Адекватная работа которых достигается, если четко обозначить задачу; рассмотреть существующие алгоритмы и их модификации; синтезировать структуру ИНС; обозначить эталонный набор необходимых данных (шаблон для датасета); сформировать датасеты для обучения ИНС и обработать их.

Таким образом, создание интеллектуальной системы является актуальным, т. к. она позволяет решать неоднозначные многофакторные задачи управления и планирования движения.

Определение алгоритмов и методов обучения ИНС, наиболее подходящих для реализации интеллектуальной системы управления мобильного робота

Использование интеллектуальных систем управления для мобильных роботов представлено в работе [6]. В ней авторы предлагают применение искусственных нейронных сетей глубокого обучения и обучения с подкреплением как наиболее подходящие для решения задач планирования движения. В частности, предлагаются *MADRL (Multi-Agent Deep Reinforcement Learning)*, *Alpha Star*, *DQN (Deep Q-Network)* и другие модификации алгоритмов обучения. Кроме того, для улучшения работы системы управления рекомендуется использовать дифференцированную структуру сети и реализовать решение элементарных задач классическими методами, где это возможно.

Основные модификации *DQN*: метод *Dueling DQN* предполагает разделение сети на потоки оценки значения состояния и оценки преимуществ действий, зависящих от состояния. Метод *Noisy DQN* основан на градиентной обработке, параметрически зашумленных, сети, ее весов и смещений. Метод *Double Q-Learning* использует двойную оценку, для минимизации проблем с ее завышением. Все достоинства вышеперечисленных методов были реализованы в архитектуре *Rainbow DQN* [7], в ней используется: *Double Q-Learning* для борьбы с систематической ошибкой завышенной оценки; приоритетное вос-

произведение опыта для определения приоритетов важных переходов; дуэльные сети и многоступенчатое обучение для лучшей оценки действий; вместо ожидаемой отдачи использует распределенное обучение с подкреплением; используются зашумленные линейные слои.

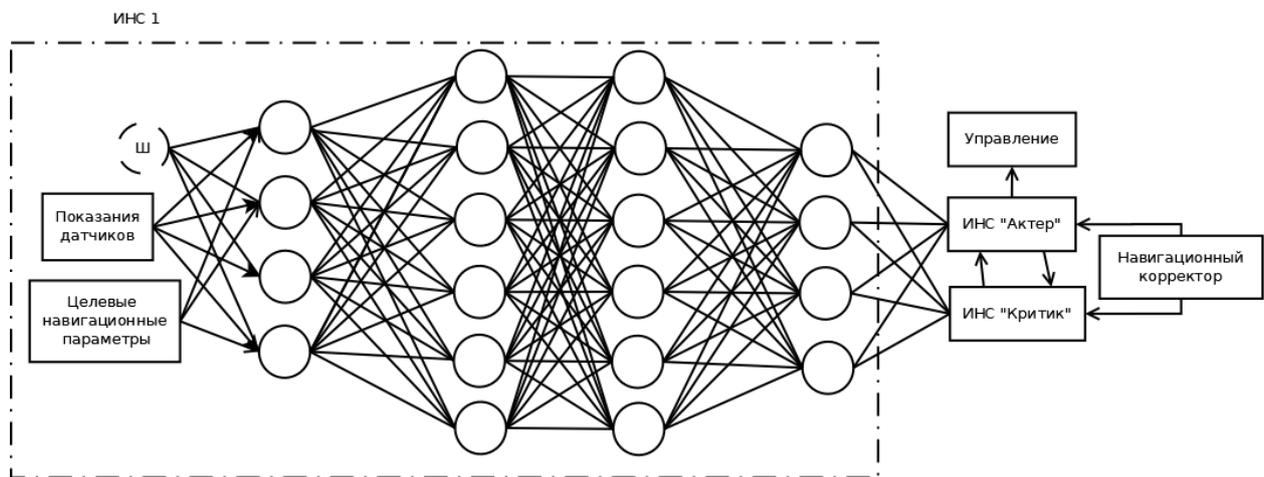
В работе [8] предлагается алгоритм принятия решений *AFCQN*, основанный на глубоком обучении с подкреплением. Он характеризуется лучшей эффективностью обучения и адаптируемостью к неизвестным средам за счет декомпозиции системы управления на модули принятия решения, планирования и создания карты местности.

Стандартный алгоритм актер-критик [9] характеризуется быстрым обновлением итерационных данных, но является слишком зависимым от оценки «критика» и его сходимость усложняется сильной корреляцией данных. Однако существуют модификации этого алгоритма *DDPG* (*Deep Deterministic Policy Gradient*), *RDPG* (*Recurrent Deterministic Policy Gradient*) и *ADDPG* (*Asynchronous Deep Deterministic Policy Gradient*), которые позволяют эффективно обучать робота без вмешательства человека и решают проблему актер-критика за счет двойной сетевой структуры и механизма воспроизведения приоритетного опыта.

В работе [10] предлагается усовершенствованный алгоритм актер-критик *DAI* (*Deep Active Imitation*), основанный на активном обучении, способный успешно изучать задачи навигации на базе необработанных визуальных данных, сформированных имитационным 3D-моделированием.

Таким образом, для решения актуальных проблем навигации мобильных роботов наиболее эффективно использовать дискретную систему управления на базе улучшенных архитектур *Rainbow DQN* и актер-критик (*DDPG*).

Структура системы управления для исследования *систем управления мобильных роботов с элементами интеллектуального управления* на базе выбранных архитектур представлена на рисунке.



Структура системы управления

На рисунке представлена первоначальная структурная схема системы управления мобильным роботом. В качестве ИНС № 1 выступает сеть с архитектурой *Rainbow DQN*, на ее входы подаются зашумленные показания с датчиков и целевые навигационные параметры, а на выходе формируются значения перемещения, на основании которых сеть актер-критик формирует управляющие воздействия. Блок навигационный корректор отвечает за вычисление отклонения от целевых параметров навигационной задачи. Данная структура является основой для исследования синергетического объединения эффективных архитектур ИНС, зарекомендовавших себя как наиболее применимые в задачах интеллектуальной навигации мобильных роботов.

Список литературы

1. Хо, Цзяньвень. Управление движением группы роботов на основе визуальной информации от сопровождающего дрона : дис. ... канд. техн. наук: 05.02.05: защищена 22.12.2020: утв. 22.04.2021. – Москва, 2020. – 148 с.
2. Алексеев, А. А. Система планирования и исполнения задания мобильным колесным роботом на основе метода опорных траекторий и кривых Безье третьего порядка в условиях склада машиностроительного предприятия : дис. ... канд. техн. наук: 05.02.05: защищена 14.04.2021: утв. 29.09.2021. – Москва, 2019. – 187 с.
3. Инь, Шуай. Диалоговая система управления коллаборативным медицинским роботом : дис. ... канд. техн. наук: 05.02.05: защищена 15.06.2021. – Москва, 2021. – 161 с.

4. Iterative learning control for path tracking of service robot in perspective dynamic system with uncertainties / Yugang W. [et al.] //International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2020. – T. 17. – No. 6. – C. 1729881420968528.
5. Neural network control of a wheeled mobile robot based on optimal trajectories / P. Bozek, Y. L. Karavaev, A. A. Ardentov, K. S. Yefremov // International Journal of Advanced Robotic Systems, 2020. – Pp. 1–10.
6. Motion Planning for Mobile Robots – Focusing on Deep Reinforcement Learning: A Systematic Review / H. Sun, W. Zhang, R. Yu, Y. Zhang // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – P. 69061–69081. – DOI 10.1109/ACCESS.2021.3076530.
7. Rainbow: Combining improvements in deep reinforcement learning / M. Hessel [et al.] // Thirty-second AAAI conference on artificial intelligence, 2018.
8. *Li, H.* Deep reinforcement learning-based automatic exploration for navigation in unknown environment / H. Li, Q. Zhang, D. Zhao //IEEE transactions on neural networks and learning systems. – 2019. – T. 31. – No. 6. – Pp. 2064–2076.
9. Soft Actor-Critic for Navigation of Mobile Robots / J. C. De Jesus [et al.] // Journal of Intelligent and Robotic Systems. – 2021. – Vol. 102. – No. 2. – DOI 10.1007/s10846-021-01367-5.
10. Deep imitation learning for 3D navigation tasks / A. Hussein [et al.] //Neural computing and applications. – 2018. – T. 29. – No. 7. – C. 389–404.

УДК 620.179.16

ГРНТИ 59.39.00

Т. И. Земсков, аспирант

tim.zemskov@mail.ru

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Оценка точности определения скорости акустических волн импульсным методом

В статье обсуждается способ реализации определения скорости акустических волн через точные измерения временных интервалов ультразвуковых импульсов. Представлены графики зависимости определенной скорости в образцах из меди и сплава алюминия при различной температуре, подтверждающие точность измерений разработанной установки. Рассчитана абсолютная и относительная погрешности измерений разработанной установки.

Ключевые слова: ультразвук; пьезоэлектрический преобразователь; равноканальное угловое прессование; скорость продольных волн; импульсный метод.

Определение скорости ультразвуковых волн (УЗ) с высокой точностью позволяет получать информацию о структурном состоянии и физико-механических свойствах материалов [1]. В данной статье были проведены измерения с использованием установки, описанной в опубликованной ранее статье, состоящей из генератора и усилителя [2].

В эксперименте по определению скорости УЗ использованы цилиндрические образцы диаметром 16 мм, подверженные равноканальному угловому прессованию (РКУП). Равноканальное угловое прессование является одним из самых распространенных методов для измельчения исходной крупнозернистой структуры материала путем интенсивного внешнего воздействия. Метод за-

ключается в многократном продавливании материала через наклонные каналы с одинаковой площадью поперечного сечения (рис. 1). В результате нескольких проходов в материале происходит последовательное уменьшение размера зерна за счет формирования вначале малоугловых, а затем и большеугловых границ, что приводит к значительному повышению прочности и других важных свойств [3].

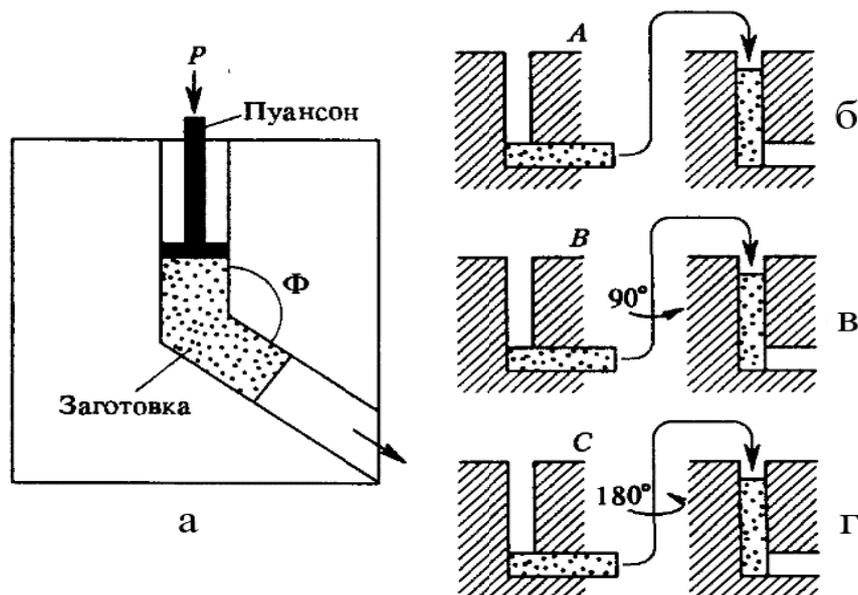


Рис. 1. Принцип метода РКУ – прессования (а);
варианты РКУП: б – маршрут А; в – маршрут В; г – маршрут С

Отобрано 2 образца из меди и 2 образца из сплава АМГ5 с исходным состоянием и после РКУП, произведен нагрев образцов окунанием в горячую воду с одновременной термометрией с использованием цифрового термометра ТМ902С и измерением времени пробега УЗ продольных волн. Зависимость определенной скорости ультразвука от температуры образцов из меди с исходным состоянием и образцов, прошедших РКУП 4 раза представлена на графике (рис. 2). Зависимость определенной скорости ультразвука от температуры образцов из сплава АМГ5 с исходным состоянием и образцов, прошедших РКУП 3 раза представлена на графике (рис. 3).

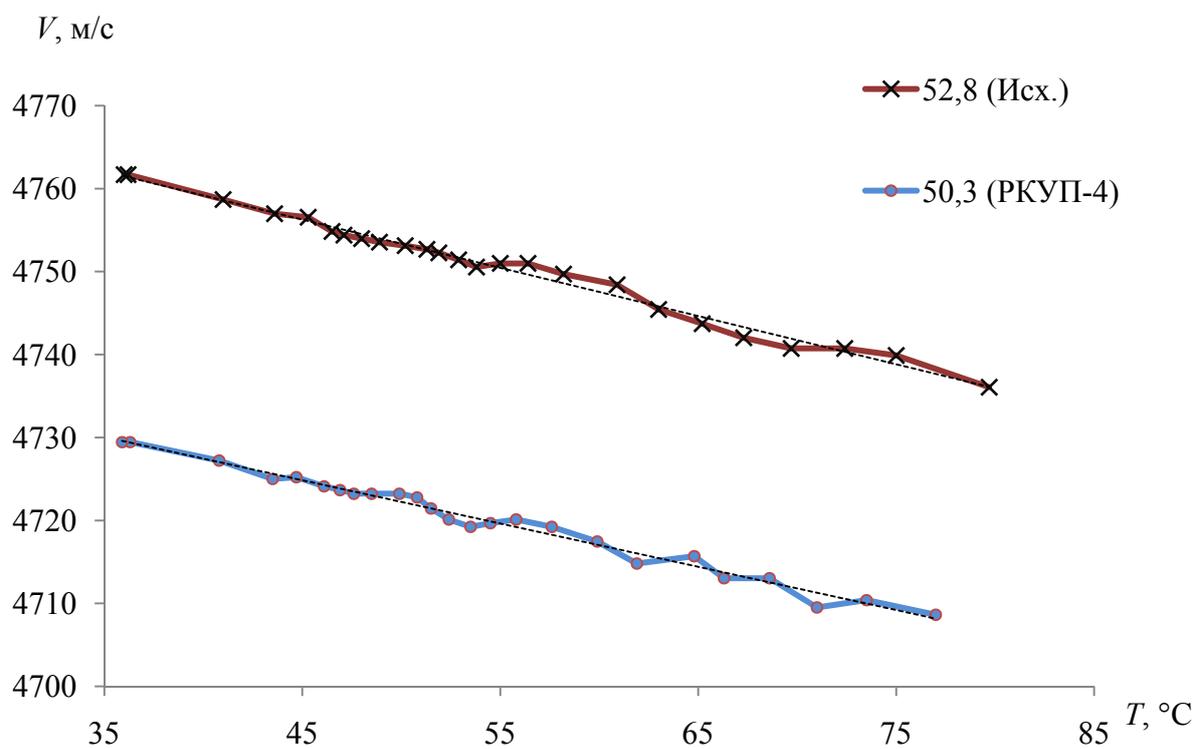


Рис. 2. Зависимость скорости продольных волн в образцах из меди от температуры

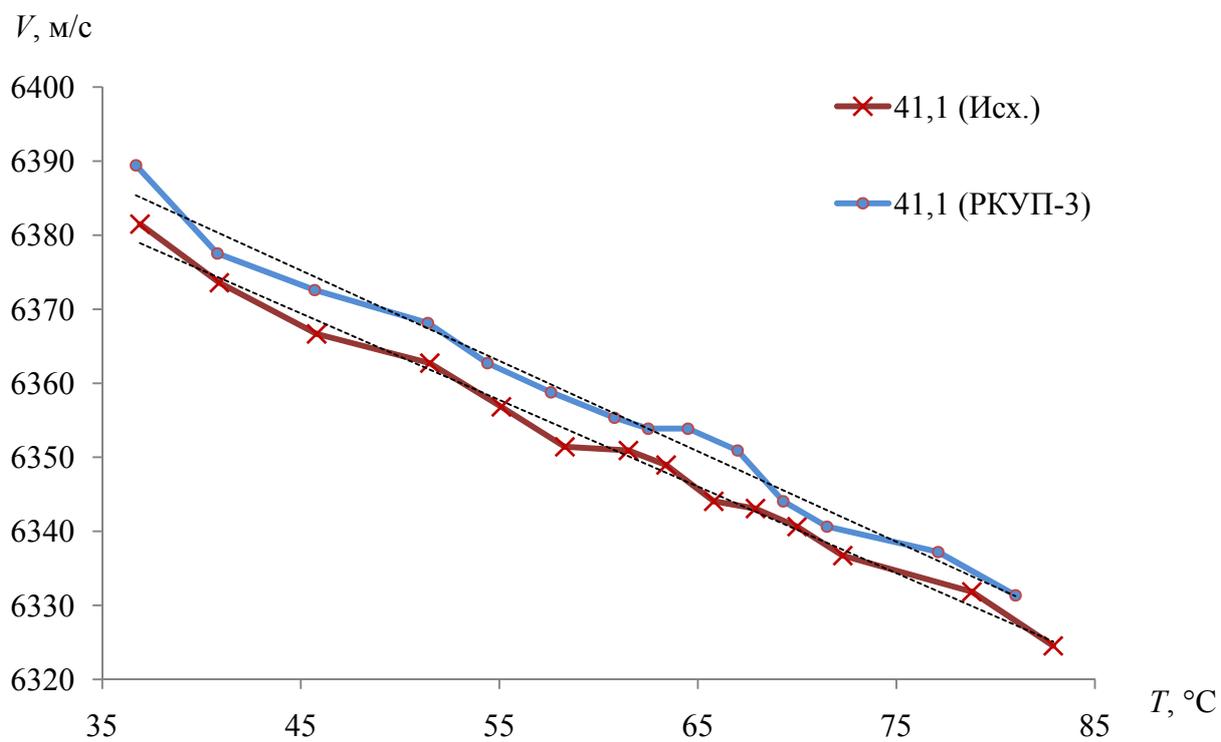


Рис. 3. Зависимость скорости продольных волн в образцах из сплава АМГ5 от температуры

По результатам эксперимента видно, что образцы имеют идентичную температурную зависимость скорости распространения продольных волн как для образцов из меди, так и для образцов из сплава АМГ5, что говорит о достаточной точности измерения разработанной установки. Оценивая данные на рис. 2, наблюдаем, что скорость распространения продольных волн в образце из меди, прошедшего РКУП, меньше, чем в образце с исходным состоянием, что не соответствует теоретическим данным, описанным выше. Уменьшение размера зерна в сплаве должно способствовать уменьшению скорости распространения волн.

Для расчета погрешности измерений разработанной установки выбраны концевые меры длины (КМД) 1-го класса точности стандарта DIN-861, изготовленные из карбида вольфрама. Отобрано 7 образцов разной длины из одного набора (40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм) и произведены 5-кратные замеры времени распространения продольных волн на образцах при комнатной температуре (20 °С), рассчитаны средние значения скорости продольных волн, абсолютная и относительная погрешности с доверительной вероятностью 0,95. Полученные данные представлены в таблице.

Результаты измерений скорости продольных волн в образцах КМД

Толщина, мм (±0,2 мкм)	Среднее значение времени распространения, нс	Среднее значение скорости распространения, м/с	Абсолютная погрешность, м/с	Относительная погрешность, %
100	14622,1	6839,0	0,3	0,004
90	13168,6	6834,4	0,3	0,004
80	11688,0	6844,6	0,6	0,009
70	10243,8	6833,4	0,5	0,007
60	8764,3	6846,0	0,7	0,11
50	7322,1	6828,6	0,5	0,007
40	5872,7	6811,2	1,1	0,016

Анализируя полученные результаты, определяем, что погрешность измерения установки не превышает $\pm 1,5$ м/с, это говорит о достаточной точности измерения для решения многих научных и практических задач, связанных с влиянием различных факторов на скорость распространения ультразвуковых волн.

Список литературы

1. Волкова, Л. В. Использование многократного зеркально-теневого метода при ультразвуковом контроле пера подошвы рельса / Л. В. Волкова, А. В. Платунов // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2019. – Т. 22, № 4. – С. 38–45. – DOI 10.22213/2413-1172-2019-4-38-45
2. Реализация импульсного метода определения скорости ультразвука с высокой точностью / В. В. Муравьев [и др.] // Интеллектуальные системы в производстве. – 2021. – Т. 19, № 2. – С. 13–19. – DOI 10.22213/2410-9304-2021-2-13-19.
3. Заикина, А. А. Формирование мелкозернистой структуры алюминиево-магниевого сплава при лазерной сварке и сварке трением с перемешиванием : дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2018.

Е. И. Катьянов, магистрант

jim003r@gmail.com

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Мобильное приложение для обучения игре на музыкальном инструменте («Гитара»)

В данной статье приведен пример пользовательского интерфейса информационной системы мобильного обучения игре на гитаре. В ходе разработки создана система, автоматизирующая процесс обучения игре на гитаре. Данная система способна научить игре на гитаре любого человека, проводить подбор занятий, а также содержать в себе необходимый функционал. Данная статья рассматривает графический пользовательский интерфейс с описанием состава страниц и переходами между ними. Детально рассмотрены экраны с функционалом приложения.

Ключевые слова: гитара; информационная система; мобильное приложение; пользовательский интерфейс; разработка.

Введение

Гитара, как музыкальный инструмент, в настоящее время является одной из наиболее популярных в мире. Научиться играть можно с помощью онлайн-курсов, посещения музыкальной школы или кружков. Использование мобильного приложения позволяет оптимизировать трудоемкость процесса. Процесс обучения игре на музыкальном инструменте («Гитара») с помощью изменения способа проведения занятий на дистанционное с применением современных мобильных информационных технологий позволяет снизить нагрузку, время обучения и сосредоточиться на том, что интересно пользователю.

Основная часть

На кафедре «Информационные системы» разрабатываются программы, связанные с обработкой данных¹. Здесь проводится моделирование информационных систем². Программа обучения игре на музыкальных инструментах – новое направление разработки кафедры.

Информационная система мобильного обучения игре на гитаре включает в себя следующие функции:

1. Уроки для новичков и продвинутых гитаристов с текстовой частью урока, с возможностью прослушивания упражнений и просмотра видео.

2. Тюнер, с помощью которого можно узнать, какую именно ноту выдает каждая струна гитары. Должна присутствовать возможность пользователем выбора струны и понятный визуальный отклик со звуковым оповещением настроенной струны.

3. Личный кабинет, имеющий процесс регистрации и вход по логину и паролю для зарегистрированных пользователей. Здесь должна быть реализована обратная связь для возможности отправки сообщений администратору, чтобы оповестить о каком-либо неудобстве пользования приложением.

4. Список аккордов с отображением аппликатур. Аккорды должны быть изображены на картинках с возможностью их прослушивания.

5. Список песен, который может пополняться с помощью загрузки своих версий песен в нотную базу, которые могут просматриваться другими пользователями и получать соответствующие оценки.

¹ Благодатский Г. А., Карачев Е. В. Программа для расчета показателя интеграции интернет-сообщества «Интернет-социальность», RU 2020618004, 2020 ; Благодатский Г. А., Горохов М. М. Информационная система выявления опасных состояний для здоровья человека, RU2019662731, 2019 ; Благодатский Г. А., Дюжева Е. В., Пономарёв С. Б., Горохов М. М. Программа для мониторинга эффективности деятельности медико-санитарных частей ФСИН России по оказанию кардиологической помощи, RU 2018610069, 2018.

² Благодатский Г. А., Туленков А. М., Горохов М. М., Пономарёв С. Б. Программа для автоматизации мониторинга санитарно-эпидемиологических показателей территорий, RU 2018616723, 2018 ; Романов К. А., Дюжева Е. В., Благодатский Г. А., Пономарёв С. Б., Горохов М. М., Тененев В. А. Программа автоматизации мониторинга готовности медицинских учреждений к оказанию помощи больным с кардиологическими заболеваниями «МОНИКАРД», RU 2016610245, 2016 ; Горохов М. М., Переведенцев Д. А., Благодатский Г. А. База данных научных проектов «IPROJECTS», RU 2016620179, 2016.

Интерфейс мобильного приложения:

Характерной особенностью интерфейса информационной системы мобильного обучения игре на гитаре является его одноцветное или серо-белое графическое представление. Отличительной чертой интерфейса является его простота и строгость [3].

Графический пользовательский интерфейс списка уроков и проведения урока представлен на рис. 1.



Рис. 1. Интерфейс списка уроков и Урока № 1

На рис. 1 видны все элементы управления страницами. Список уроков и сам урок прокручиваются до конца текста. Для возврата на предыдущую страницу пользователю нужно нажать на стрелку возврата, которая находится слева от наименования страницы. Для переключения между страницами

с уроками используются кнопки навигации, которые расположены в правом верхнем углу.

Стрелочки вправо и влево соответствуют следующему и предыдущему уроку. Здесь же расположена кнопка повтора урока. При полном прочтывании урока пользователем нажатие на эту кнопку возвращает его в начало страницы. Данная кнопка отслеживает количество нажатий на нее, что соответствует количеству повтора урока пользователем.

Для того чтобы прослушать какое-либо упражнение, пользователю нужно нажать на изображение с нотами, после чего начнется музыкальное воспроизведение. Для остановки прослушивания необходимо снова нажать на изображение. Графический пользовательский интерфейс аутентификации и регистрации пользователя представлен на рис. 2.

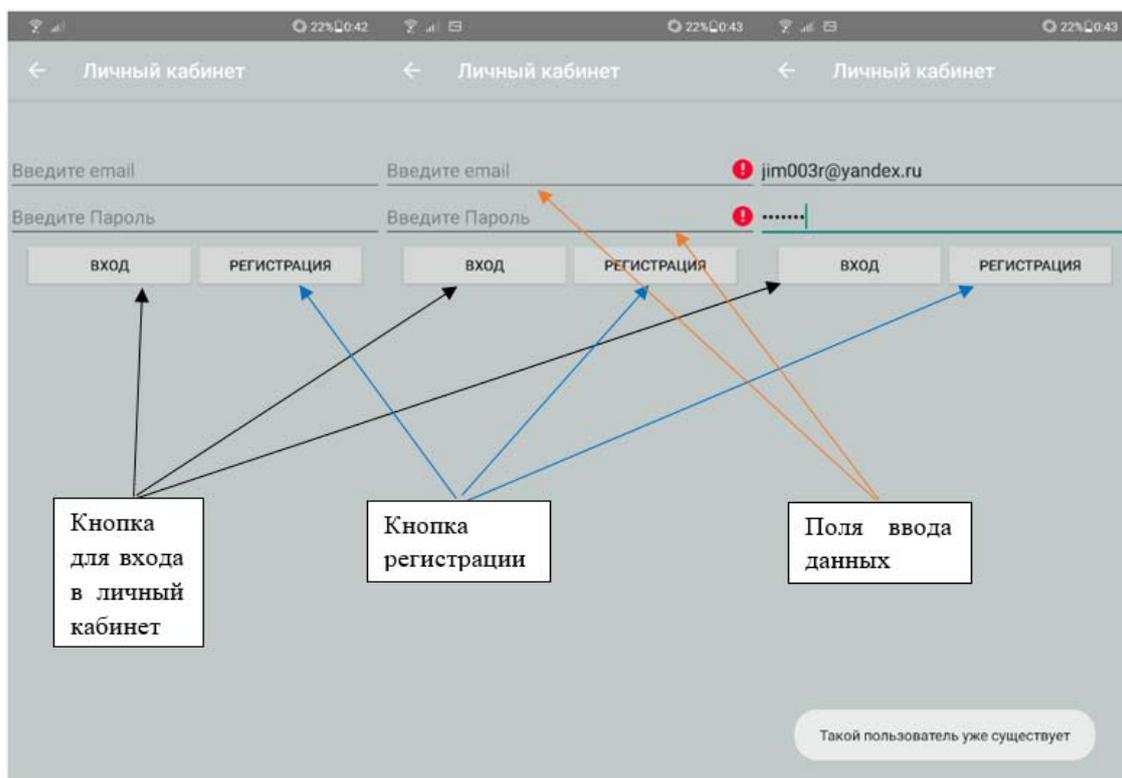


Рис. 2. Интерфейс аутентификации и регистрации пользователя

Из рис. 2 видно, что для входа или регистрации в приложении, пользователь должен заполнить поля ввода *email* и пароля. Поля обозначены соответствующими надписями, которые помогают пользователю правильно ввести дан-

ные. Интерфейс данной страницы содержит ошибочные сценарии, которые помогут пользователю сориентироваться в случае неверного ввода данных.

Данный интерфейс предусматривает возникновение следующих ошибок:

- незаполненные поля ввода данных;
- отсутствие регистрации *email* пользователя при попытке входа;
- уже существующая ученическая запись с данным *email*;
- неверно введенный пароль.

Пользовательский интерфейс личного кабинета представлен на рис. 3.

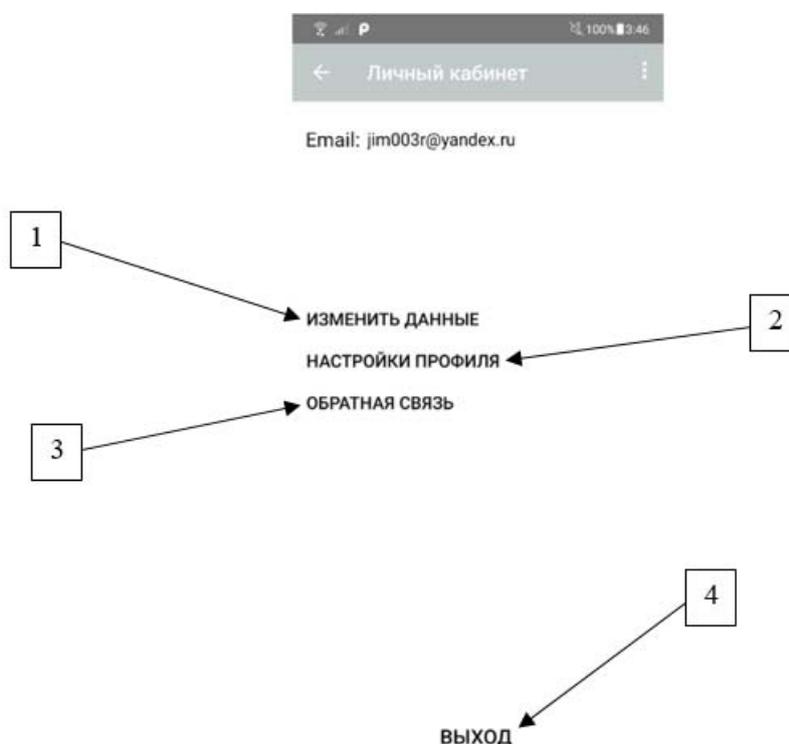


Рис. 3. Интерфейс личного кабинета: 1 – кнопка, предоставляющая пользователю возможность внести изменения в свои данные, например, изменить имя или восстановить пароль; 2 – кнопка, позволяющая произвести настройку профиля; 3 – кнопка «Обратная связь», позволяет обратиться в службу поддержки для получения решения о проблеме работы с приложением, а также отправить запрос на добавление разбора каких-либо песен в список произведений или получить консультацию по интересующим его урокам; 4 – кнопка «Выход», осуществляющая выход из личного кабинета пользователя

Необходимо обратить внимание на то, что загружать песни, обращаться в поддержку и получать индивидуальные программы обучения пользователь

может только при наличии у него регистрации в приложении. Для осуществления регистрации и входа в личный кабинет, а также загрузки и просмотра произведений, необходимо иметь подключение к интернету. Для дальнейшего пользования интернет не требуется.

Графический пользовательский интерфейс списка аккордов представлен на рис. 4.

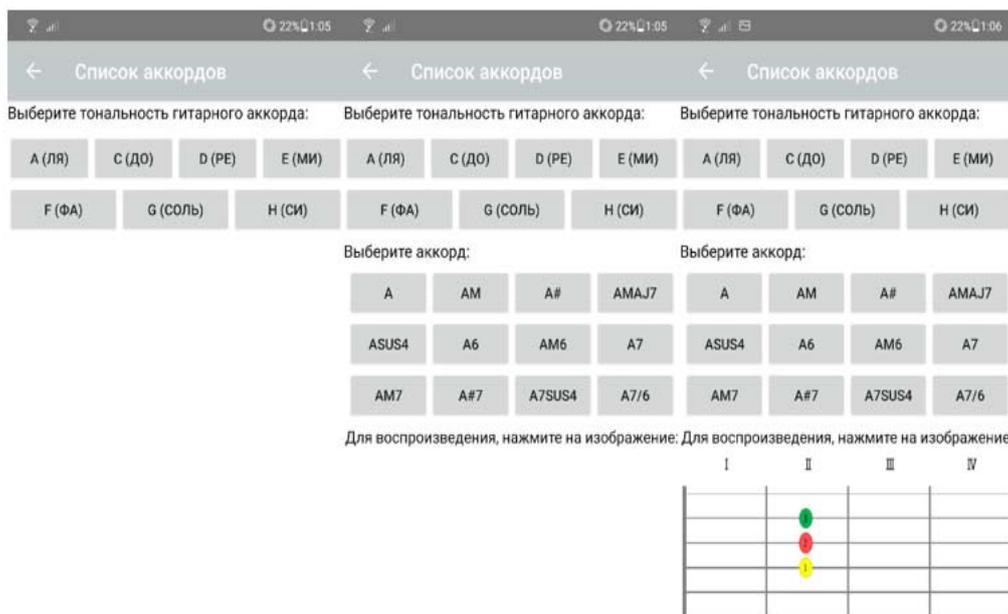


Рис. 4. Интерфейс списка аккордов

Рис. 4 иллюстрирует переход пользователя от выбора тональности аккорда к получению изображения нужного ему аккорда на экране.

В первую очередь, необходимо выбрать тональность с помощью представленных кнопок: А(Ля), С(До), D(Ре), Е(Ми), F(Фа), G(Соль), Н(Си). Затем на экране появятся кнопки с названиями аккордов, которые соответствуют выбранной тональности.

После того, как пользователь выбирает интересующий его аккорд, на экране появляется изображение с аппликатурой постановки аккорда.

Интерфейс данной страницы позволяет воспроизвести каждый аккорд для того, чтобы понять, как он должен звучать. Это особенно необходимо новичкам, которые не знают постановки пальцев и правильного звукового воспроизведения нот.

Графический пользовательский интерфейс списка песен и экрана загрузки, представлен на рис. 5.

Интерфейс загрузочного экрана состоит из поля для ввода наименования песни, кнопки, с помощью которой происходит выбор файла и его загрузка в хранилище, строки с сообщением об успешном или безуспешном выполнении загрузки файла и кнопкой перехода к списку песен.

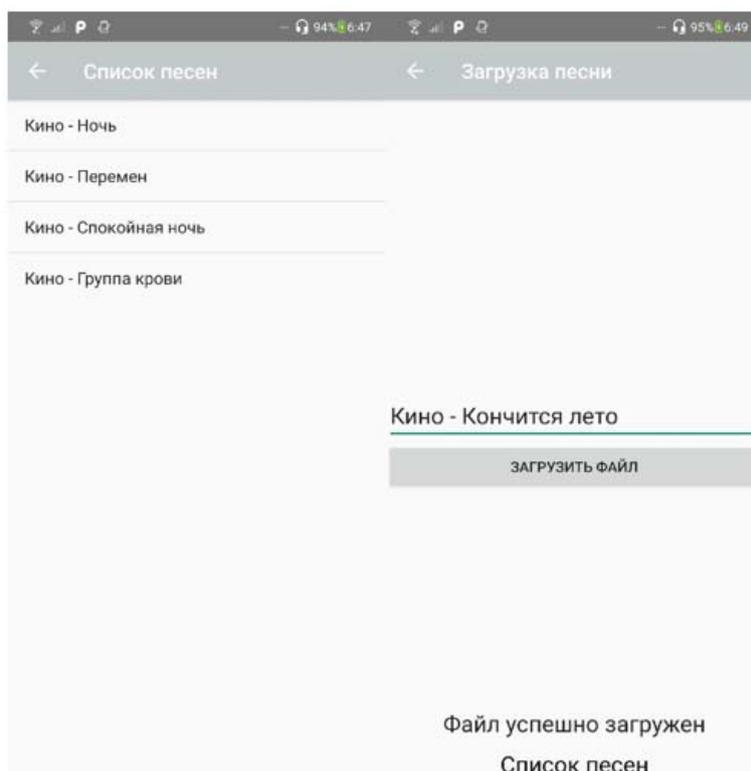


Рис. 5. Интерфейс списка песен

Пользователь вводит название песни, которое он хочет загрузить, например, «Кино – Кончится лето», затем ему нужно нажать на кнопку «Загрузить файл» и выбрать из диспетчера файлов нужный. После того, как песня будет загружена, она появится на странице списка песен.

Интерфейс страницы списка песен состоит из прокручиваемого списка элементов. Элементами являются файлы с песнями. Пользователю достаточно выбрать нужную ему песню, нажав на ее наименование, после чего произойдет загрузка файла из хранилища и его открытие. Для загрузки песни пользователю необходимо иметь доступ к интернету, для проверки аутенти-

фикации и загрузки файла, а также разрешить доступ к хранилищу мобильного устройства.

Графический пользовательский интерфейс тюнера, который помогает настроить гитару на слух, представлен на рис. 6.

Страница с тюнером, содержит иллюстрацию гитарного грифа, с кнопками, расположенными около головы грифа, вместо колков. Данные кнопки содержат номер струны для ее обозначения.

Для того чтобы настроить гитару на слух, пользователю необходимо нажать на нужную струну, после чего будет воспроизведено ее точное звучание, которое соответствует значениям частоты колебаний струн. Интерфейс содержит стандартный гитарный строй и выделяет красным цветом кнопку струны, которая в данный момент подвергается настройке.

Графический пользовательский интерфейс главного экрана представлен на рис. 7.

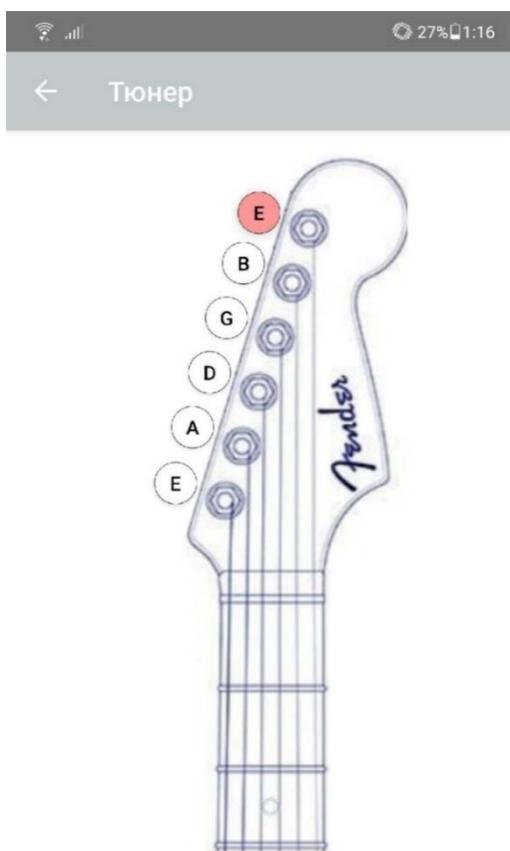


Рис. 6. Интерфейс тюнера



Рис. 7. Интерфейс главного экрана

На главном экране, пользователь может выбрать одно из пяти функций приложения: Уроки, Тюнер, Список песен, Личный кабинет и Список аккордов. Каждая из кнопок открывает страницу с вышеописанными интерфейсами.

Название приложения расположено по центру экрана в верхней его части. В качестве фонового изображения загружен рисунок гитары, который по тематике соответствует приложению игры на гитаре.

В целом графический пользовательский интерфейс приложения «Уроки игры на гитаре» содержит отдельную палитру цветов, которая характеризует приложение как однотонное с использованием серо-белых оттенков. Проработана связь элементов между собой, удобство расположения элементов и их функциональность.

Заключение

В результате выполнения работы был разработан прототип мобильного приложения на *Android* с уроками для новичков и продвинутых гитаристов. Разработан тюнер, с помощью которого пользователь может настроить гитару. Реализована возможность выбора струны для настройки гитары на слух и понятный визуальный отклик. Разработан личный кабинет, имеющий процесс регистрации и вход по логину и паролю для зарегистрированных пользователей. Разработан список аккордов с отображением аппликатур и звуковым воспроизведением. Разработан список песен, который может пополняться с помощью загрузки своих версий песен в нотную базу, которые могут просматриваться другими пользователями.

Список литературы

1. *Мандел, Тео.* Разработка пользовательского интерфейса / пер. с англ. – Москва : ДМК, 2001. – 409 с.
2. *Раскин, Джефф.* Интерфейс. Новые направления в проектировании компьютерных систем. – Москва : Символ-Плюс, 2007. – 263с.
3. *Тидвелл, Дженнифер.* Разработка пользовательских интерфейсов. – Санкт-Петербург : Питер, 2008. – 416 с.

А. А. Клюев, магистрант

id84715424@gmail.ru

И. В. Орефков, кандидат экономических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Обследование инфракрасным излучением зданий с помощью беспилотных летательных аппаратов

В статье рассматривается вопрос энергоэффективности в строительстве, использование беспилотных летательных аппаратов для изучения энергопотребления в зданиях. Представлена концепция энергоэффективности в зданиях, ее важность и влияние на окружающую среду. Обсуждается текущая ситуация, тенденции в России и возможности этого сектора, а также наиболее важные правовые вопросы, связанные с темой энергоэффективности. В следующем разделе исследуется влияние зданий на окружающую среду, в частности за счет потери тепла. В статье также подчеркивается важность методов исследования и тепловидения. Специально разработанная классификация беспилотных летательных аппаратов адаптирована для использования в тепловых исследованиях. Рассматриваются как характеристики, так и структуры, а также преимущества и недостатки использования таких решений. Представлены возможные пути развития в этой теме, а также возможные проблемы. В последней части рассматривается пример использования беспилотного аппарата для исследования тепловизионного снимка жилого дома.

Ключевые слова: энергоэффективность; беспилотные летательные аппараты; тепловые потери; тепловая визуализация; реальное потребление энергии.

Важность снижения потребления энергии

Эксперты отмечают возрастающую важность снижения энергопотребления в энергосистемах. В настоящее время наибольшее потребление энергии наблюдается в строительном секторе и промышленности. Наибольший потенциал

для снижения энергопотребления находится в этих секторах. Промышленные предприятия обращают внимание на растущую проблему сокращения государством объема выбросов, что через несколько лет вынудит их резко поднять цены на энергоносители. Вариантов борьбы с выбросами немного. Использование возобновляемых источников энергии и энергоэффективность считаются основой устойчивого развития энергетики, но в последнее время все чаще эксперты указывают на возрастающую важность снижения энергопотребления в энергетических системах. Возобновляемые источники энергии, такие как ветер или гидроэнергетика, начинают вызывать все больше и больше споров и сомнений в отношении положительного воздействия на окружающую среду, экономия энергии является более понятным способом сокращения выбросов газа. Его потенциал огромен и намного превосходит возможности альтернативных источников энергии, включая возобновляемые источники энергии и существующие технологии ядерной энергетики. Инвестиции в энергоэффективность улучшают имидж страны и вызывают повышение конкурентоспособности экономики в мире. Такие инициативы стимулируют внутреннее развитие и способствуют технологическому росту, создавая новые рабочие места и увеличивая ценность сектора. Очень важным, если не самым важным вопросом для стран, находящихся на стадии догоняющих наиболее развитых экономик, является тот факт, что повышение энергоэффективности является самым дешевым и наиболее рентабельным способом достижения устойчивого развития энергетики.

Тепловизионная съемка

Существует множество методов исследования энергоэффективности здания, которые не влияют на его структуру. Это простые методы, например, измерительное оборудование для проверки влажности, но есть и более сложные и дорогие, например, термография. В любом случае важно сделать экспертный выбор подходящих методов измерения и интерпретации результатов.

Инфракрасное излучение – это невидимая лучистая энергия, которую излучает каждый объект с температурой выше абсолютного нуля. Инфракрасное

или тепловизионное изображение можно использовать в различных приложениях, включая обнаружение и оценку потерь тепла в изолированных системах, наблюдение за изменяющимся потоком в трубопроводных сетях или обнаружение перегрева электрического оборудования. Тепловидение может успешно использоваться в строительстве, в основном для обнаружения дефектов в изоляционных слоях, а также для тепловых сетей.

Термография или тепловидение – это фотография с использованием камеры, которая улавливает инфракрасный свет, а не видимый свет, улавливаемый стандартной камерой. ИК-лучи находятся за пределами видимого спектра и невидимы невооруженным глазом. Все объекты, температура которых выше абсолютного нуля ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$), излучают инфракрасный свет. Чем теплее объект, тем больше инфракрасного света он излучает. ИК-камеры регистрируют количество инфракрасного света и преобразуют его в температуру, которая отображается на шкале или термограмме. Поскольку здания, как правило, представляют собой большие конструкции, тепловизионные обследования удобно проводить, соблюдая надлежащее расстояние от объекта. Идеальным решением является использование дистанционно управляемых беспилотных летательных аппаратов (БЛА), оснащенных ИК-камерами. Главное преимущество этого решения: возможность осматривать крышу или другие высокие конструкции, к которым человек не может легко добраться.

Тепловизионные камеры способны фиксировать даже очень небольшие перепады температур при $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Изображение, представленное с помощью тепловизора, является многоцветным, где каждый цвет соответствует разной температуре. В зависимости от представленных объектов могут использоваться разные масштабы. Тепловизионные исследования имеют множество применений во многих областях и, таким образом, могут быть полезным диагностическим инструментом при анализе состояния здания. Данные решения инфракрасного контроля представляют собой комбинацию аппаратного обеспечения (камера, объектив, детекторы и т. д.) и программного обеспечения. Грамотное использование передового программного обеспечения может дать информацию о количестве потерь энергии, риске появления точки росы и другие цен-

ные данные. Тепловизионные исследования могут выявить проблемы с поверхностью здания. Тепловизионное изображение может использоваться для идентификации и определения местоположения участков стен, более тонких из-за влаги, трещин и полостей. К сожалению, объекты с высоким или низким коэффициентом излучения, такие как, например, металл, не обеспечивают точное измерение температуры. Информация, собранная с тепловизионных изображений, может быть правильно оценена только в сочетании с данными, собранными в рамках комплексного исследования состояния.

Классификация беспилотных летательных аппаратов

Беспилотные летательные аппараты (БЛА) или дроны – это такие летательные аппараты, которые могут летать без участия человека-оператора на борту [1]. Беспилотная летательная система (БПЛА) – это вся система, которая состоит из основных компонентов: беспилотного летательного аппарата, канала передачи данных, наземной станции управления (ГСУ) и оператора. Беспилотная летательная система может иметь наземное или дистанционное управление, частично или полностью автономное [2]. Широкий спектр типов БЛА можно классифицировать в зависимости от их рабочего диапазона, веса, задач, характеристик, конфигурации, сложности или высоты. К сожалению, в настоящее время не существует широко используемой, универсальной и общепринятой классификации БЛА. Категории классифицируются по дальности: длинная, короткая и близкая; по высоте: высокая, средняя, низкая и очень низкая, а также в зависимости от цели полета: цель и приманка, разведка, бой, исследования и разработки, гражданские и коммерческие [2–4].

Исходя из характеристик при выборе БЛА для тепловидения может быть принята во внимание следующая классификация, которая может варьироваться в зависимости от национальных законодательных ограничений:

NaV (нанолетательные аппараты): из-за очень малых размеров все датчики, включая камеры, двигательную установку и подсистемы управления, необходимо делать достаточно маленькими [5].

Микро-БЛА (беспилотный микролетательный аппарат): имеют небольшую дальность действия, портативны, запускаются вручную и летают на очень малой высоте. Масса полезной нагрузки менее 2 кг. Взлетная масса менее 5 кг. Суммарная мощность менее 100 Вт. Общее время менее 1 часа [6].

Мини-БЛА (беспилотный мини-летательный аппарат): имеют небольшую дистанцию и летают на малых высотах. Масса полезной нагрузки около 1–3 кг. Взлетная масса менее 20 кг. Суммарная мощность менее 10 кВт. Общее время менее 2 часов [6].

Обычные/малые БЛА: средняя дальность, средняя высота. В их число входят пусковые системы. Масса полезной нагрузки менее 150 кг. Взлетная масса менее 400 кг. Общая мощность 10–50 кВт. Общее время менее 6 часов.

Малые БПЛА: выполняют длительные полеты на средних высотах [6].

Высотные БПЛА: они совершают длительные полеты на больших высотах. Общее время полета составляет около 24–48 часов [6].

Преимущества беспилотных летательных аппаратов для тепловидения

Ряд преимуществ напрямую связан с проблемой тепловидения, такой как тепловая диагностика зданий, обследование промышленных объектов, таких как дымоходы, градирни, водонапорные башни, резервуары и трубопроводы, обнаружение дефицита воды в сельском хозяйстве, измерение температуры производственных линий и мониторинг промышленных объектов, определение местонахождения людей во время поисково-спасательных операций, мониторинг территорий после пожаров или других стихийных или промышленных бедствий и многое другое.

В зависимости от характеристик и производительности беспилотных летательных аппаратов их можно использовать для выполнения всевозможных задач, требующих специальных датчиков. Хорошо спроектированные и оборудованные БЛА могут использоваться для теплового обследования зданий. Воздушное тепловидение, выполняемое БЛА, может быть очень полезным в строи-

тельном секторе для выявления тепловых потерь и мостов, дефектов конструкции, обнаружения дефектов, отсутствия изоляции или утечки воздуха, контроля потерь энергии и обеспечения мониторинга.

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в тепловизионных исследованиях очень выгодно по ряду технических и экономических причин, наиболее важными из которых являются следующие: возможность делать снимки небольших сложных участков, относительно небольшие временные и пространственные ограничения, низкие эксплуатационные расходы.

Для гражданского и специального применения тепловизоров основными преимуществами БЛА являются:

Повышенные возможности, такие как долговечность, развертывание в реальном времени и полный спектр действия по сравнению с приложениями спутникового дистанционного зондирования и пилотируемыми самолетами.

Преимущество инвестиционных и эксплуатационных затрат.

Стремительное развитие технологий.

С другой стороны, существуют серьезные проблемы, связанные с разработкой БЛА, как технические, так и нормативные.

Наибольший потенциал для применения тепловизоров имеют винтокрылые (многооторные) и неподвижные конструкции, которые можно отнести к группе БЛА-мини. Это связано с относительно низкими производственными, инвестиционными и эксплуатационными затратами на платформу БЛА и бортовое оборудование, которое состоит из системы управления, навигационных и регистрационных данных. Помимо стоимости, важными факторами являются: технические параметры БЛА, такие как высота, дальность, время полета, полезная нагрузка, взлетный вес и внешние размеры, портативность, автоматическое и автономное управление и навигация, а также различная применимость.

Беспилотные летательные системы позволяют быстро и относительно дешево получать данные и изображения с высоким разрешением любой ориентации [4].

Ценным преимуществом БЛА использования винтокрылых аппаратов с вертикальным взлетом является тщательное обследование всех элементов, таких как вертикальные стены зданий, возможность точной диагностики крыш и фасадов зданий без необходимости подвергать людей работе на высоте. Этот метод обеспечивает быстрый и точный контроль как всей поверхности крыши, так и боковых поверхностей, что не только наиболее точно, но и очень экономично. Тепловидение очень важно, потому что большая часть тепловых потерь от здания относится к крыше, стенам и окнам, а технические детали необходимы для модернизации, технического и экономического улучшения энергии.

Регулярный мониторинг может привести к значительной экономии средств и устранению дефектов на ранней стадии.

Правильно используемые тепловизионные камеры могут дать быстрый и надежный контроль количества теплотерь в здании в результате утечек и дефектов. Использование соответствующих датчиков и компьютерных систем обеспечит автоматическое и точное определение местоположения любых неисправностей, быстрое получение данных тепловизионного изображения, изображения с высоким разрешением, возможность выполнять многократный и повторяющийся сбор данных.

Задачи беспилотных летательных аппаратов для тепловидения

Беспилотные летательные аппараты – это современные устройства, сочетающие в себе передовые технологии в области управления, электродвигателя, GPS и авиации. В настоящее время они изготавливаются из чрезвычайно легких материалов, имеют усовершенствованные двигатели и могут иметь возможность вертикального взлета (мультироторные).

Текущие исследовательские проблемы, которые связаны с разработкой беспилотных летательных аппаратов, касаются в основном новой конструкции, проектирования и реализации автономного полета, связи в реальном времени, интеграции нескольких датчиков платформы беспилотных летательных аппаратов и автоматизации сбора данных [4]. Что касается современных тенденций

миниатюризации БЛА, а также полезной нагрузки, существует потребность в меньшем и более компактном оборудовании. Миниатюризация и снижение веса тепловизионных датчиков наблюдается в последние несколько лет.

Главные задачи:

- отсутствие предписывающих стандартов, законодательства и правил для развития и эксплуатации в системе гражданского воздушного пространства;

- правила сертификации эксплуатации и технического обслуживания БЛА, включая автоматическое разделение для безопасной эксплуатации БЛА в рабочей среде с высокой плотностью населения;

- политическое и общественное одобрение применения БЛА в гражданской сфере;

- гражданско-правовое регулирование использования камер и права на неприкосновенность частной жизни;

- безопасность технологии и вероятность возникновения аварий;

- разработка, сертификация и интеграция систем «осознавать и избегать» в контролируемом воздушном пространстве;

- способность работать в различных погодных условиях и высокой турбулентности;

- разработка новых недорогих платформ;

- разработка методики для получения тепловизионных изображений на малой высоте полета;

- разработка автономных бортовых систем управления полетом;

- планирование и выполнение автономного полета БЛА;

- процедура калибровки оптического датчика;

- интеграция и использование различных датчиков и мультиспектральных камер на борту БЛА;

- автоматизация процесса ориентации датчиков;

- средства географической привязки аэрофотоснимков при полете на малых высотах;

- интеграция данных БПЛА с данными наземных измерений;
- объединение данных, полученных с разных датчиков;
- онлайн-передача цифровых данных и методы сжатия;
- создание 3D-карт и ГИС.

Выводы

Тепловидение может успешно использоваться в строительстве для выявления тепловых потерь, дефектов конструкции, обнаружения дефектов, отсутствия изоляции или утечки воздуха и контроля за потерями энергии.

Регулярный мониторинг с помощью тепловизионных методов может привести к значительной экономии средств и устранению дефектов на ранней стадии. Для модернизации понадобятся результаты тепловизора.

Результаты описанного тематического исследования, показывают, что аэрофотосъемка, выполняемая БЛА, может быть очень полезной в строительном секторе.

Беспилотные летательные системы позволяют получить обзор обширной территории за минимальное время и деньги, осматривая элементы здания, которые труднодоступны для человека. Применение БПЛА для тепловидения может стать важной вехой в области исследований и разработок в области энергетики.

Текущие исследовательские проблемы, связанные с разработкой БЛА для тепловидения, в основном связаны с правовыми ограничениями и нормативными положениями, безопасностью, политическим и социальным признанием, разработкой новых БЛА и систем, сертификацией и интеграцией, миниатюризацией датчиков, разработкой и реализацией автономных полетов и новых методов миссии, связь в реальном времени, интеграция нескольких датчиков на платформе БПЛА, автоматизация сбора и обработки данных, способность БЛА работать в различных погодных условиях и в условиях высокой турбулентности. Развитие вышеупомянутых тем может привести к почти полной автоматизации тепловых испытаний зданий.

Список литературы

1. *Thompson II, R. M.* Drones in Domestic Surveillance operations: Fourth amendment Implications and legislative responses, legislative attorney, 2013.
2. *Gupta, S. G.* Review of unmanned aircraft System (uaS) / S. G. Gupta, M. M. Ghonge, P. M. Jawandhiya // International Journal of advanced research in computer Engineering & Technology (IJarcET). 2013. Vol. 2, Issue 4. Pp. 1646–1658.
3. *Thapa, M.* Autonomous uaV: General and case Study of reaper MQ-9 / M. Thapa, R. Shrestha // Tribhuvan University Institute of Engineering central campus Pulchowk Department of Mechanical Engineering, 2014. DOI: 10.5604/05096669.1194965.
4. *Sawicki, P.* Unmanned aerial Vehicles In Photogrammetry and remote Sensing // State of the art and Trends, Katedra Fotogrametrii i Teledetekcji, uniwersytet WarmińskoMazurski w olsztynie, archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji. 2012. Vol. 23. Pp. 365–376.
5. *Austin, R.* Unmanned aircraft Systems: uaVS Design // Development and Deployment, John Wiley & Sons ltd, 2010.
6. *Dalamagkidis, K.* Current Status and Future Perspectives for unmanned aircraft System operations in the uS / K. Dalamagkidis, K. P. Valavanis, I. A. Pieggl // Springer Science and Business Media B.V. 2008. DOI 10.1007/s10846-008-9213-x.

УДК 378.147

ГРНТИ 14.29.41

Ю. В. Красавина, кандидат педагогических наук, доцент

Я. В. Зонова, студент

И. А. Кузьмин, студент

kuzyaman1992@gmail.com

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Разработка образовательных видеороликов по английскому языку для обучения студентов с нарушением слуха¹

Целью данной публикации является обоснование требований и рекомендаций к созданию образовательных видеороликов для самостоятельного изучения английского языка студентами с нарушением слуха. В результате экспериментальной проверки на базе Центра инклюзивного обучения ИжГТУ имени М. Т. Калашникова были сформулированы рекомендации по форматам учебных диалогов, а также размеру, виду и длительности показа субтитров видеоролика. Анкетирование слабослышащих и глухих студентов позволило выявить их интерес к использованию данных видеороликов в изучении английского языка.

Ключевые слова: адаптация видеоматериалов; обучение студентов с нарушением слуха; инклюзивное обучение; субтитры.

Введение

В настоящее время проблема разработки образовательных электронных ресурсов для обучения глухих и слабослышащих студентов представляет большой интерес для исследователей и педагогов, работающих в области инклюзивного образования. Согласно опросу, проведенному в Ижевском государственном техническом университете имени М. Т. Калашникова, только 3 % опрошенных студентов с нарушениями слуха проходили какие-либо онлайн-

© Красавина Ю. В., Зонова Я. В., Кузьмин И. А., 2021

¹ Данная статья публикуется в рамках гранта № 19-013-00701 «Исследование особенностей восприятия и обработки информации студентами с нарушением слуха в зависимости от вида ее носителя».

курсы, кроме университетских. Это намного меньше, чем аналогичное число студентов без нарушений слуха (52 %) [3]. Значительная разница присутствует и в показателях просмотра образовательных видеороликов, подписке на образовательные ресурсы и участии в онлайн-вебинарах. Таким образом, в России учащиеся с нарушениями слуха не могут в полной мере использовать образовательный потенциал интернета из-за отсутствия или несоответствия образовательных ресурсов их особым потребностям восприятия информации. Необходима активная разработка электронных ресурсов и обучающих платформ, основанная на научных знаниях и результатах экспериментов.

Основная часть

Анализ российских и зарубежных научных публикаций, посвященных изучению мотивации глухих и слабослышащих студентов к изучению иностранного языка, позволил выявить их значительный интерес к данной области [1, 2, 4]. Однако изучение иностранного языка представляется для данных студентов особенно трудным, ведь кроме естественных трудностей в обучении иноязычной устной речи и аудированию (которые во многом определяются степенью глухоты обучаемых), есть и другие факторы, препятствующие получению хорошего результата. Одним из таких факторов является отсутствие электронных ресурсов на иностранном языке, адаптированных для глухих и слабослышащих студентов. Если слышащие студенты могут слушать английские подкасты, смотреть развлекательные видеоролики и фильмы, и таким образом самостоятельно заниматься изучением и совершенствованием языка, то для студентов с нарушением слуха найти подобные ресурсы очень сложно. Решением данной проблемы может стать создание образовательной платформы для изучения английского языка, аккумулирующей обучающие материалы и ресурсы, адаптированные или специально разработанные для студентов с нарушением слуха.

Согласно классификации [5], доступные образовательные электронные ресурсы для глухих и слабослышащих студентов можно разделить на четыре

основные категории: централизованные системы для обучения жестовому языку и курсов на жестовом языке (предоставляющие интерактивный контент и интерактивные инструменты – чаты, сообщения и т. д.); системы создания контента (предоставляющие глухим людям инструменты для самостоятельного создания контента); браузеры с текстовой поддержкой (автоматически преобразуют содержимое веб-страницы в текст или жестовый язык); и онлайн-словари языков жестов. К сожалению, существует мало платформ и ресурсов, доступных для русскоязычных пользователей с нарушениями слуха, в основном они представлены большим разнообразием словарей жестового языка¹. Адаптированные курсы для студентов с различными нозологиями предлагает платформа «Инклюзивное образование»², однако представленные курсы по английскому языку не адаптированы для студентов с нарушением слуха. Относительно новым ресурсом стала платформа «В тишине»³, представляющая теоретические уроки на русском жестовом языке, но уроки на данной платформе пока ограничены узким набором тем по таким предметам, как русский язык, алгебра, геометрия, информатика. Таким образом, существует потребность в разработке платформы для пользователей с нарушением слуха, предлагающая им систематизированные и разнообразные ресурсы для изучения английского языка. Целью данной публикации является обоснование требований и рекомендаций к созданию образовательных видеороликов для самостоятельного изучения и совершенствования английского языка студентами с нарушением слуха.

Методы и методология

Исследование проводилось на базе Центра инклюзивного обучения ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, в эксперименте принимали участие 12 студентов с нарушениями слуха (из них 8 глухих и 4 слабослышащих) первого, второго и третьего курсов, обучающиеся по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

¹ <https://www.spreadthesign.com/ru.ru/search/> ; <https://surdo.me/> и др.

² <https://инклюзивноеобразование.пф>

³ <http://sdo.deaf-student.ru/>

Участникам эксперимента были представлены для просмотра короткие обучающие видеоматериалы на английском языке, соответствующие уровню A1. Сразу после просмотра студентам предложили выполнить задания по лексике, представленной на видео, а также ответить на вопросы анкеты о том, насколько сложно или легко воспринимать учебный материал в данном формате. Видеоролики были продублированы субтитрами, параметры субтитров для видео в формате *FullHD* с разрешением 1920:1080: размер шрифта субтитров – 67, длительность показа субтитров – 4 секунды.

Результаты

Были получены следующие результаты: большинство студентов (75 %) правильно выполнили все задания по видео, совсем не справился с заданием 1 человек (8 % от группы). Можно отметить, что среди студентов, не выполнивших задание полностью, были только глухие студенты.

Анкетирование показало, что все студенты (100 %) положительно относятся к использованию видеоматериалов данного формата и хотели бы использовать их для аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы. Среди факторов, вызывающих интерес к работе с видео, студенты указывали новизну и недостаток видеоресурсов для обучения английскому языку (33 %), присутствие в кадре студентов-ровесников (50 %), наличие знакомых городских и университетских локаций (17 %). Некоторые студенты отметили, что не успевали прочитать субтитры (25 %).

Таким образом, при создании учебных видео по английскому языку для глухих и слабослышащих студентов были выявлены следующие рекомендации:

- необходима аппаратура для качественной записи звука: микрофон-петличка, либо отдельно записанная звуковая дорожка, которая будет совпадать с речью на видеоряде, камера, записывающая с разрешением 1920:1080 или больше, достаточное освещение;

- размер шрифта субтитров – от 67;

- длительность субтитров – от 4 секунд, желательно статичные;

- для видимости субтитров целесообразно добавить подложку черного цвета под текст;
- речь должна быть разборчивая, членораздельная с выразительной мимикой, лицом к камере;
- необходимо визуальное подкрепление лексики в тексте в виде реальных предметов в кадре, либо добавление изображений в видеоряд во время монтажа;
- целесообразно при монтаже предусмотреть статичные кадры с текстом;
- интересный формат записи учебных диалогов в формате видеозвонка, формат съемки позволяет записывать лица крупным планом, что позволяет лучше разглядеть мимику говорящего.

Заключение

Для улучшения эффективности и уточнения технических параметров и форматов видео необходимы дальнейшие исследования в данной области, предусматривающие, в том числе, и увеличение количества участников эксперимента. Однако полученные результаты и рекомендации будут полезны при разработке видеоматериалов для обучения английскому языку студентов с нарушением слуха. Систематизированная подборка таких видеоресурсов и заданий к ним может стать основой цифровой платформы по изучению английского языка для студентов с нарушением слуха.

Мы выражаем благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований за предоставление возможности публикации данной статьи в рамках гранта № 19-013-00701 «Исследование особенностей восприятия и обработки информации студентами с нарушением слуха в зависимости от вида ее носителя».

Список литературы

1. *Кальгин, Ю. А.* Педагогические условия интеграции слабослышащих студентов в систему обучения в высшей школе // Вестник МГЛУ. – 2010. – № 16 (595). – С. 138–151.
2. *Карсанаева, И. Н.* Исследование отношения студентов к дисциплине «Иностранный язык» в условиях инклюзивного обучения на неязыковых факультетах вуза / И. Н. Кар-

санаева, В. Казицева // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2017. – № 5 (147). – С. 72–74.

3. Особенности использования информационно-коммуникационных технологий для обучения глухими и слабослышащими студентами технического вуза / Ю. В. Красавина [и др.] // Мир педагогики и психологии. – 2019. – № 12 (41). – С. 114–119.

4. *Domagala-Zyśk, E.* Overcoming difficulties in second language acquisition by deaf and hard of hearing participants of English as a foreign language classes// Social distance towards individuals with disability as a problem in special pedagogy. V.I I. Socio-Educational Context. – 2012. Pp. 99–115.

5. A proposed web-based framework e-learning and dictionary system for deaf Arab students / M. A. El-Soud // International Journal of Electrical & Computer Sciences IJECS-IJENS. – 2009. – No. 10. – Pp. 1–56.

Н. А. Лебедева, студент

lebnatalex@mail.ru

М. М. Черных, доктор технических наук, профессор

П. А. Останина, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Разработка дизайна и конструкции корпусного рабочего стола в стиле лофт

В данной статье рассматривается информация об основных определениях, классификациях и видах корпусной мебели, а также об истории развития стилей мебели разных периодов: от древнего мира и до наших дней. Изучаются данные о материалах, которые применяются в производстве корпусной мебели. На основании этого теоретического материала были разработаны дизайн и конструкция рабочего стола в стиле лофт.

Ключевые слова: корпусная мебель; рабочий стол; стиль; материалы; дизайн.

На сегодняшний день обязательным элементом каждого интерьера является мебель. Мебель – это передвижные или встроенные изделия для оборудования жилых и общественных помещений, транспорта [1]. Выделяют три категории мебели – это мягкая, корпусная и решетчатая. В наше время именно корпусная мебель является фундаментом производства, это наиболее распространенный и доступный вид интерьерных изделий [2].

Корпусная мебель используется практически везде и всегда. Такой вариант мебели отлично подойдет как для стандартной городской квартиры и загородного дома, так и для торгового зала и офиса. К корпусной мебели относят: шкафы, полки, столы, стеллажи, комоды и пр. Классификация корпусной мебели представлена на рис. 1 [3].



Рис. 1. Классификация корпусной мебели

Современный темп жизни и периодическая необходимость самоизолироваться вынуждают работать из дома. Это касается и творческих профессий, представителям которых просто необходим домашний офис. Именно поэтому невозможно представить себе рабочую зону квартиры без рабочего места, включающего в себя рабочий стол и кресло.

Рабочий стол – это необходимый предмет интерьера любой квартиры или офиса. Он должен быть не только удобным, но и подходить по стилю к интерьеру помещения. В ходе исследовательской работы была рассмотрена история развития столов от древнего мира до наших дней. В таблице представлены основные стили, характерные черты и примеры столов в различные периоды истории.

Самые популярные материалы для производства столов – это древесно-стружечная плита (ДСП), мелкодисперсная древесная фракция (МДФ), искусственный акриловый камень и натуральное дерево. К наиболее недорогой ценовой категории относится ДСП. Мебель производят из ламинированного ДСП, в котором древесно-стружечная плита покрыта миламиновой пленкой [2].

История развития стилей на примере стола [2–4]

№ п/п	Стиль	Период	Характерные черты	Пример
1	Древний мир	V–IV тыс. до н. э.	Создание режущих инструментов. Создание изящных форм мебели, как образца для последующих эпох	
2	Романовский	X–XII вв.	Формы изделий упрощенные и грубоватые. Материал – неокрашенная древесина	
3	Готический	XII–XV вв.	Стройность и простота форм. Грубые материалы для отделки (древесина, камень и др.) Украшение выполняется резьбой и росписью	
4	Возрождение	XV–XVI вв.	Усложнение форм. Использование колонн, фронтонов, карнизов и др. Геометрический орнамент, фантастические композиции. Развитие техники интарсии	
5	Барокко	XVII–XVIII вв.	Безудержная пышность и преобладание криволинейных форм. Дорогие материалы	

№ п/п	Стиль	Период	Характерные черты	Пример
6	Рококо	XVIII–XIX вв.	<p>Изящная декоративность, утончённость и вычурность форм.</p> <p>Орнамент содержит завитки на растительные темы, раковины причудливых форм</p>	
7	Классицизм	XVII–XIX вв.	<p>Форма подчеркивает конструктивный принцип изделий.</p> <p>Основное украшение – маркетри.</p> <p>Облицовка – шпон красного дерева</p>	
8	Ампир	Конец XVII – XIX вв.	<p>Античные мотивы.</p> <p>Орнамент соединяет фигуры людей и животных, мистических существ и символы императорского Рима</p>	
9	Конструктивизм	1920–1922 гг.	<p>Целесообразность.</p> <p>Главная роль отдана конструкции</p>	
10	Скандинавский	1930–1970 гг.	<p>Простота, практичность, строгость линий и сдержанная элегантность.</p> <p>Удобство в эксплуатации, вместительность и функциональность</p>	

№ п/п	Стиль	Период	Характерные черты	Пример
11	Лофт	1940–1960 гг.	Обилие свободного пространства. Промышленные детали. Натуральные материалы	
12	Контемпорари	1950–1970 гг.	Гармония сочетаний элементов. Удобство и доступность	
13	Минимализм	1960–1980 гг.	Пространственная свобода. Раскрытые конструкции, точность форм. Однотонные цвета. Небольшое количество декора	

На основе стилевого анализа было разработано изделие «Рабочий стол» (рис. 2), концепция которого соответствует стилю лофт. Отличительной особенностью стола являются две металлические рамы – ножки, окрашенные в ярко оранжевый цвет. Вариант окрашивания рам может быть и другим, например, ярко фиолетовым, ярко синим, желтым и т. д. Именно контрастность цвета рам и столешницы рабочего стола будет являться акцентом в интерьере.



Рис. 2. 3D-модель рабочего стола

Рабочий стол состоит из столешницы, двух выдвижных ящиков, расположенных под ней, ножек в виде рам, колпака, перегородки, ребра жесткости, горизонтальной стенки и двух боковых стенок. Сборочный чертеж изделия представлен на рис. 3.

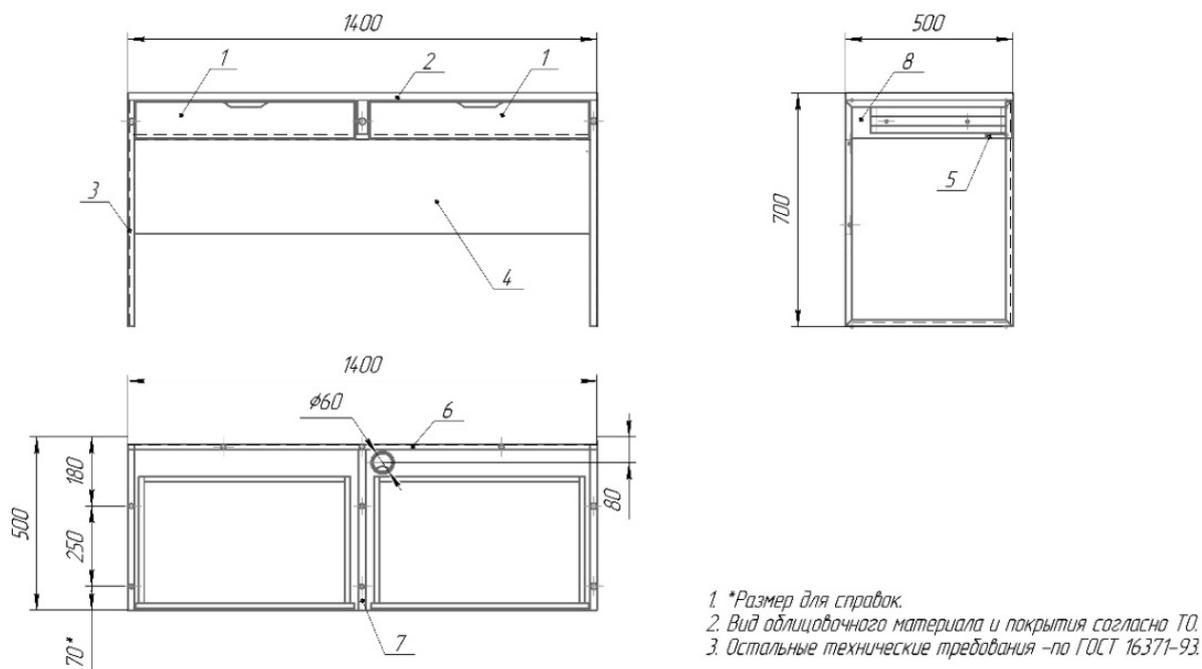


Рис. 3. Сборочный чертеж

Вся верхняя часть стола выполнена из ЛДСП белого цвета, нижняя часть – рама из металлической квадратной трубы размером 30×30 мм, окрашенная в оранжевый цвет. Данное изделие было разработано для новой линейки корпусной мебели «Лофт» фабрики «ИжМебель». Рабочий стол предназначен для детей в возрасте от пяти лет и старше, а также подойдет взрослым людям невысокого роста. Благодаря простоте форм и конструкции, унифицированным узлам, современному дизайну, который впишется в любой интерьер (рис. 4), и недорогим материалам можно прогнозировать достаточный спрос на изделие у широкого круга потребителей.



Рис. 4. 3D-модель рабочего стола в интерьере

Список литературы

1. *Деветаева, С. Н.* Экспертиза качества мебели : учеб. пособие / С. Н. Деветаева, И. И. Горбачев ; Саран. кооп. ин-т РУК. – Саранск : Принт-Издат, 2014. – 72 с.
2. *Барташевич, А. А.* Конструирование мебели и столярных изделий : учеб. пособие – Минск : РИПО, 2015. – 284 с.
3. *Барташевич, А. А.* Технология производства мебели и резьба по дереву / А. А. Барташевич, В. П. Антонов. – Москва : Современная школа, 2006. – 128 с.
4. *Лаврентьев, А. Н.* История дизайна : учеб. Пособие. – Москва : Гардарики, 2007. – 303 с. : ил.

Т. М. Евсеев, магистрант

evseev-tima@mail.ru

М. Н. Мокроусов, кандидат технических наук, доцент

maxmok@mail.ru

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Исследование алгоритма LDA в задаче тематического моделирования на примере новостной ленты социальной сети

В статье рассматриваются основные понятия, и проводится обзор актуальных методов тематического моделирования естественного языка. С использованием библиотеки Gensim проводится экспериментальное исследование работы одного из вероятностных методов – латентное размещение Дирихле (LDA) – при определении тематик текстов новостных лент сообществ социальной сети ВКонтакте. Ручная оценка и оценка согласованности результатов показала хорошую долю интерпретируемости тем данным методом.

Ключевые слова: тематическое моделирование; вероятностный метод; статистический анализ текста; социальная сеть; LDA; Gensim.

Введение

Тематическое моделирование – одно из современных направлений автоматической обработки текстов, призванное определить темы и тематики документов, входящих в текстовый массив [1]. Под темой можно понять некую специальную терминологию определенной предметной области. Иначе говоря, это набор часто встречающихся в документе терминов, которыми могут быть слова, нормальные формы слов, определенные термины и словосочетания (граммы).

Каждая тематика характеризуется своим словарем и частотами встречаемости слов во всей коллекции. Тематическая модель должна автоматически выявлять тему или тематику документа по наблюдаемым частотам терминов в нем. Они называются латентными, т. к. видны только слова, характеризующие их, и можно только предполагать, о какой теме думал автор, когда писал текст.

Целью тематического моделирования является автоматизация анализа текстов, которая позволяет решать многие задачи:

- классификация, кластеризация, аннотирование и реферирование, ранжирование;
- тематический поиск документов и объектов, связанных с ними;
- фильтр спама;
- рубрикация коллекций изображений, видео, музыки;
- коллаборативная фильтрация в сервисах рекомендаций;
- анализ новостных потоков и сообщений для определения актуальности событий реального мира и реакции людей на них.

Методы тематического моделирования

Один из первых способов, предложенных для решения задач тематического моделирования, – векторная модель (*Vector Space Model, VSM*) [2], в которой каждый документ из коллекции представлен в виде вектора – неупорядоченного множества слов, каждому из которых присваивается вес в соответствии с выбранной весовой функцией.

Латентно-семантический анализ (*Latent Semantic Analysis, LSA*) – это метод статистической обработки текстовой информации, разработанный на основе факторного анализа, раскрывает взаимосвязь между документами и встречающимися в них словами [3]. Наиболее популярные варианты *LSA* основаны на сингулярном разложении (*Singular Value Decomposition, SVD*) и факторизации неотрицательных матриц (*Non-negative Matrix Factorization, NMF*) [4]. Важным недостатком метода является медленная сходимость на больших коллекциях входных данных. Связано это с линейно растущим числом параметров. Ско-

рость вычисления определяется порядком N^{2k} , где $N = N_{doc} + N_{term}$ – общее количество текстов и слов, k – размерность пространства факторов.

В 1999 г. Томасом Хоффманом был предложен вероятностный латентно-сематический анализ (*Probabilistic Latent Semantic Analysis, PLSA*) [5]. Входными данными вероятностного тематического моделирования (ВТМ) являются множество текстовых документов D и множество всех используемых в коллекции терминов W . Каждый документ $d \in D$ является последовательностью n_d слов (w_1, \dots, w_{n_d}) из словаря и определяется их распределением $\theta_{td} = p(t|d)$ по множеству тем T . Для каждой темы вычисляется вероятностное значение ее присутствия в данном документе. Тема $t \in T$ является латентной (скрытой) переменной. Она представляется в виде распределения $\phi_{wt} = p(w|t)$ на множестве слов, т. е. для каждого слова задается вероятность его принадлежности данной теме. Особенностью данного метода является возможность отнесения к документу одновременно нескольких тематик с некоторой вероятностью.

В отличие от *LSA*, *PLSA* обладает более прочной основой в области статистики. Однако ему присущи недостатки, в числе которых необходимость переобучения моделей при добавлении документов.

Еще один вероятностный метод – латентное размещение Дирихле (*Latent Dirichlet Allocation, LDA*) [6], предложенный в 2003 г., на сегодняшний день является самым известным и часто используемым подходом в ВТМ. Данная модель основана на той же вероятностной модели, что и *PLSA*, но в целях решения проблемы переобучения вводятся предположения о том, что векторы документов и векторы тем порождаются одним и тем же вероятностным распределением на нормированных векторах.

Процесс генерации текста в распределении Дирихле заключается в выборе для данного текста некоторого распределения вероятностей в пространстве тематик и генерации для каждого слова текста тематики из распределения вероятностей выбранных тематик. Одним из существенных недостатков метода *LDA* и в целом распределения Дирихле является слабая лингвистическая обоснованность.

С целью устранения недостатков вышеобозначенных алгоритмов и построения простой, но более гибкой модели, был предложен подход аддитивной регуляризации тематических моделей (*Additive Regularization for Topic Models, ARTM*) [7], включающий в себя *PLSA*, *LDA* и многие другие модели.

В основе *ARTM* лежит многокритериальная регуляризация, т. е. тематические модели воспринимаются как неточно поставленные задачи матричного разложения, которые нуждаются во внедрении вспомогательных критериев (регуляризаторов) $R_i(\Phi, \Theta)$ для получения более подходящих и надежных решений. В данном подходе вместе с основным критерием правдоподобия максимизируется и взвешенная сумма всех дополнительных критериев.

Экспериментальное исследование метода *LDA*

Для проведения экспериментов была спроектирована и разработана программная система, графический интерфейс которой представлена на рис. 1.

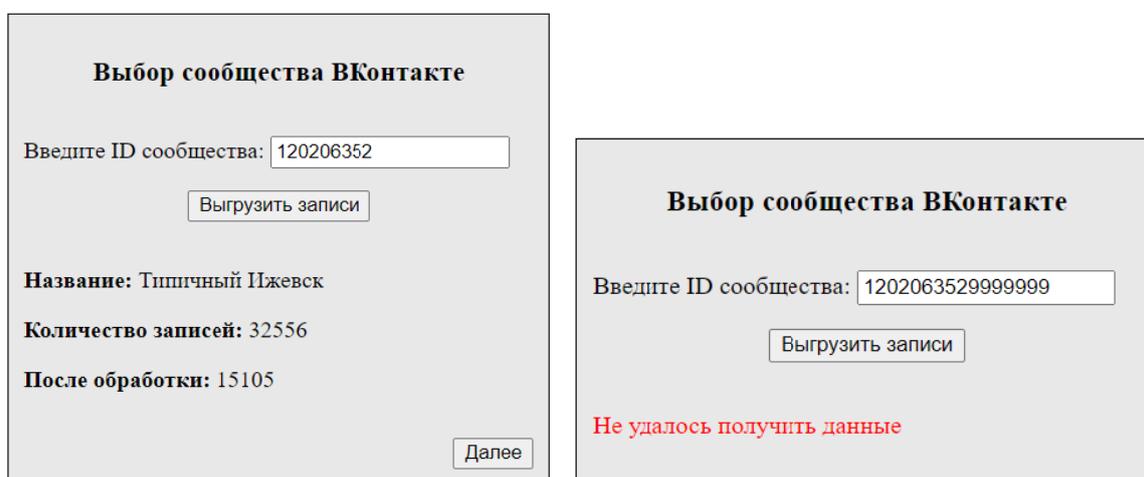


Рис. 1. Фрагменты графического интерфейса системы тематического моделирования

Для реализации программной системы использовались редактор кода *VSCode*, язык программирования *Python*, фреймворк *Flask*. Также программная система использует библиотеку тематического моделирования *Gensim* [8] – одну из наиболее эффективных библиотек для работы с методами тематического

моделирования, содержащую реализацию нескольких алгоритмов, в частности *LDA*. На рис. 2 показана архитектура программной системы.

Исходными данными являются новости из случайных сообществ социальной сети ВКонтакте, полученные с помощью *VKAPI*. Поскольку используемая реализация моделирования имеет свой формат входных данных, для всех текстов производится:

- токенизация – разбиение текста на слова;
- лемматизация – приведение слов к их нормальной форме;
- удаление стоп-слов – слов общего смысла, встречающихся в большинстве документов.



Рис. 2. Архитектура системы тематического моделирования

Тематическое моделирование – это метод обучения *без учителя*. Следовательно, информация о правильности и неправильности тем отсутствует. Отсюда вытекает главная проблема – оценка качества. Самым верным методом

оценивания является просмотр ключевых слов человеком, т. е. самостоятельное определение степени соответствия найденной темы перечню ключевых слов. В таблице даны результаты анализа тем, полученных в результате одного из экспериментов на новостной ленте г. Ижевска.

Интерпретируемые темы

№ п/п	Название темы	Первые 10 ключевых слов темы
1	(общие слова)	человек, нужно, мочь, говорить, хотеть, очень, сказать, сделать, просто, жизнь, нужно, ...
2	Организации и учреждения	школа, работа детский, сотрудник, проверка, работать, организация, директор, администрация, бречалов, ...
3	Общественный транспорт	автобус, пассажир, транспорт, остановка, маршрут, поезд, дерево, служба, общественный_транспорт, ...
4	(космос, война, отдых за границей)	страна, война, человек, первый, военный, россия, сочи, китая, российский, животное, ...
5	ПДД	водитель, автомобиль, дорога, машина, ижевск, движение, трасса, пешеход, авто, транспортный_средство, ...
6	Обмен информацией	москва, интернет, информация, компания, сайт, человек, запись, соцсеть, сообщение, пользователь, ...
7	Финансы	рубль, россия, путин, получить, владимир_путин, страна, россиянин, президент, деньги, тысяча_рубль, ...
8	Семья и дети	ребёнок, девочка, мальчик, родитель, семья, подросток, летний, мать, отец, женщина, ...
9	Медицина	врач, больница, помощь, пациент, медик, специалист, лечение, больной, умереть, состояние, ...
10	Соревнования	россия, ижевск, статья, прийти, день, первый, команда, место, программа, новый, ...
11	Стоимость товаров	россия, цена, рубль, товар, вырасти, продукт, производство, компания, январь, мочь, ...
12	Несчастные случаи	удмуртия, ижевск, произойти, погибнуть, пострадать, мужчина, человек, результат, получить_травма, около, ...
13	Уголовные дела	мужчина, ижевск, сообщать_пресс, удмуртия, дело, задержать, обвинять, возбудить_уголовные, женщина, служба, ...

№ п/п	Название темы	Первые 10 ключевых слов темы
14	Строительство	ижевск, город, новый, работа, появиться, улица, сентябрь, объект, здание, источник, ...
15	Оказание помощи	собака, квартира, мужчина, животное, вода, человек, спасти, улица, место, время, ...
16	(скидки, оружие, зоопарк)	магазин, скидка, подарок, зоопарк, рубль, акция, группа, оружие, цена, покупка, ...
17	Удмуртская Республика	удмуртия, республика, сообщать_пресс, регион, александр_бречалов, глава_удмуртии, район, удмуртская_республика, служба, житель, ...
18	(пандемия, погода)	день, коронавирус, человек, ижевск, россия, выходной, случай, неделя, погода, ожидать, ...
19	Законопроекты	россия, мочь, должный, закон, документ, гражданин, депутат, право, новый, решение, ...
20	Поиск людей	ижевск, пропасть, женщина, мочь, искать, сообщить, мужчина, летний, регион, телефон, ...

В итоге удалось интерпретировать 16 тем, т. е. 80 % от общего количества, что является достаточно хорошим показателем. Из таблицы видно, что в большинстве оставшихся коллекций слов, которым не удалось дать определение, можно выделить сразу несколько смысловых направлений. Другими словами, они представляют собой объединение тем. Данная проблема является противоположной той, что упоминалась ранее, и, соответственно, требует обратных действий по увеличению количества искомых тематик.

Определить оптимальное количество можно с помощью оценки когерентности. Если совместное появление часто встречаемых слов в теме не случайно, то ее можно назвать когерентной (согласованной). График изменения согласованности для количества тем от 5 до 45 (шаг 5) представлен на рис. 3.

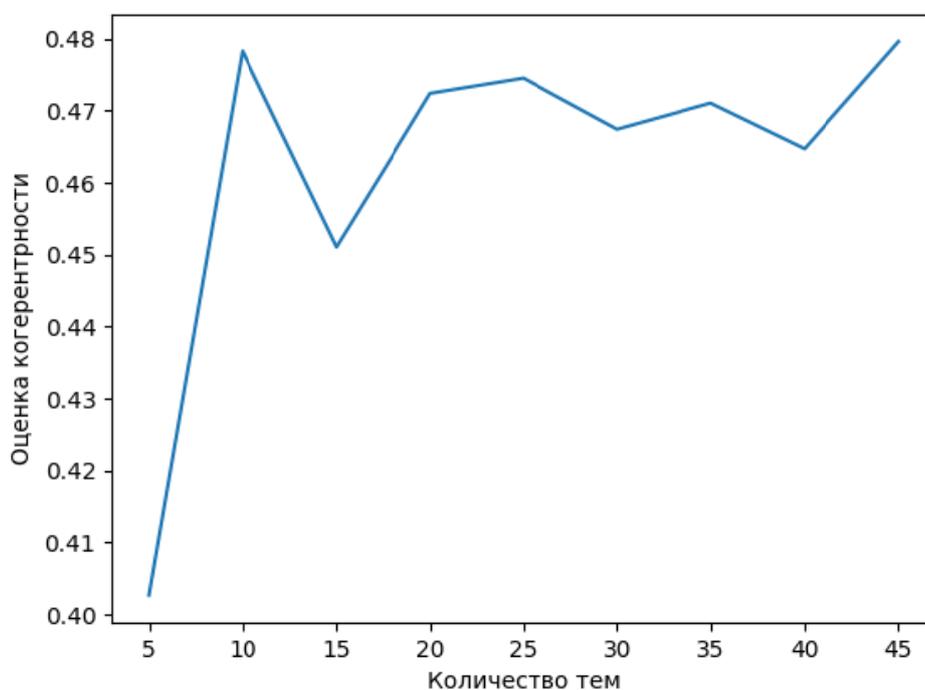


Рис. 3. Значения когерентности

Текущий показатель когерентности, соответствующий 20 тематикам, достаточно высокий, что говорит о хорошем качестве модели.

Заключение

В результате проведенных экспериментов на текстах новостных лент сообществ из социальной сети ВКонтакте можно сделать вывод, что для метода *LDA* средняя доля интерпретируемых тем при высоком значении согласованности, составляет около 80 % от общего количества, что является достаточно хорошим показателем в задаче тематического моделирования.

В перспективе описанные в статье подходы и получаемые результаты могут быть использованы для оценки приоритетности социально-значимых проблем, поднимаемых в новостных лентах социальных сетей, на тематических форумах и в средствах массовой информации. Если распространить применение данного подхода на комментарии пользователей по каждой теме, то можно определить степень негативного или позитивного отношения читателей к каждой теме.

Список литературы

1. *Коршунов, А.* Тематическое моделирование текстов на естественном языке / А. Коршунов, А. Гомзин // Труды Института системного программирования РАН. – 2012. – Т. 23. – С. 215–244.
2. *Christopher, D.* An Introduction to Information Retrieval / Christopher D. Manning, Prabhakar Raghavan, Hinrich Schütze Draft // Cambridge University Press. – 2009. – 544 pp.
3. *Карпенюк, А. В.* Моделирование тематик с помощью модели скрытое распределение Дирихле (СРД) / А. В. Карпенюк, Р. Х. Бахитова // Экономика и управление: теория, методология, практика : сб. материалов XIV Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Л. С. Валинуровой, Э. И. Исхаковой, О. Б. Казаковой, Н. А. Кузьминых, Д. И. Машкиной. – Уфа : Башкир. гос. ун-т, 2019. – С. 146–150.
4. *Беспалов, М. Е.* Нейростевые методы понижения размерности признакового пространства на основе механизмов автоассоциативной памяти // Формирование среды для личностного и общественного развития : сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 22 сентября 2015 года. – Москва : Научный консультант, 2015. – С. 90–93.
5. *Hofmann, Thomas.* Probabilistic Latent Semantic Analysis // Proceedings of the Fifteenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence. – UAI'99. – San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1999. – Pp. 289–296.
6. *Blei, David M.* Lafferty, John (ed.). Latent Dirichlet Allocation / David M. Blei, Ng. Andrew Y., Jordan Michael I. // Journal of Machine Learning Research. – January 2003. – No. 3 (4–5). – Pp. 993–1022.
7. *Воронцов, К. В.* Аддитивная регуляризация тематических моделей коллекций текстовых документов // Доклады РАН. 2014. – Т. 455, № 3. – С. 268–271. DOI: 10.7868/S0869565214090096.
8. *Митрофанова, О. А.* Вероятностное моделирование тематики русскоязычных корпусов текстов с использованием компьютерного инструмента Gensim // Корпусная лингвистика – 2015 : тр. Междунар. конф., Санкт-Петербург, 22–26 июня 2015 г. / отв. ред.: В. П. Захаров, О. А. Митрофанова, М. В. Хохлова. – Санкт-Петербург : Издательство Санкт-Петербург. гос. ун-та, 2015. – С. 332–343.

УДК 620.1.08

ГРНТИ 45.35.02

А. В. Морозов, старший преподаватель

avmoroz16@gmail.com

Б. И. Сибгатуллин, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Контроль качества полимерного электролита

В настоящее время предприятием АО «Элеконд» г. Сарапул осваивается технология изготовления конденсаторов с твердополимерным электролитом, одной из составляющих которого является входной контроль качества электролита. Для этого осуществляется измерение сопротивления тонкого слоя полимера, нанесенного на диэлектрическую подложку. Процесс формирования покрытия состоит из медленного погружения подложки в кювету с раствором и последующей сушки. Описаны макет установки-окунателя, а также четырехточечная методика определения удельного сопротивления покрытия.

Ключевые слова: конденсатор; полимерный электролит; окунатель; шаговый двигатель; четырехточечный зонд.

Полярные конденсаторы с твердополимерным электролитом обладают рядом преимуществ, обуславливающих их широкое применение в технике. Можно отметить их долговечность и стабильность параметров в широком диапазоне условий окружающей среды, безаварийность при повышенных температурах, большую удельную емкость. Конструктивно элементы данного типа состоят из металлических обкладок, которые разделены пористым наполнителем, пропитанным твердым электролитом. В качестве электролита обычно выступает токопроводящий органический полимер, например поли-3,4-этилендиокситиофен, *PEDT*.

Окунатель создан на основе шагового линейного привода (рис. 1). Конструктивно привод представляет собой ходовой винт 6, соединенный с валом шагового двигателя 7, по которому перемещается ходовая гайка с закрепленным на ней суппортом [1]. Суппорт содержит две втулки, перемещающиеся по линейным направляющим, устройство для крепления подложки 3 и датчик уровня 4. Несущими деталями привода являются опорные шпильки 5 с закрепленными на них сверху и снизу текстолитовыми платами. Нижняя плата служит для фиксации опор из двух перфорированных уголков 2, а верхняя – для крепления фланца шагового двигателя. Привод соединительным кабелем подключается к разъему блока управления 1, который осуществляет перемещение рабочего органа согласно заданному алгоритму.

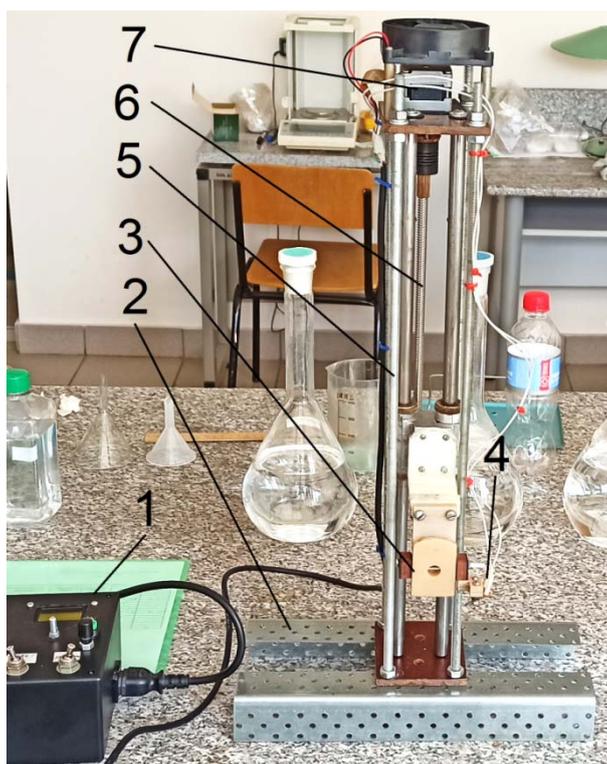


Рис. 1. Установка-окунатель: 1 – разъему блока управления; 2 – перфорированные уголки; 3 – устройство для крепления подложки; 4 – датчик уровня; 5 – опорные шпильки; 6 – ходовой винт; 7 – вал шагового двигателя

Цикл нанесения одного слоя покрытия обусловлен физическими свойствами раствора и должен обеспечить формирование максимально равномерно-

го тонкого проводящего слоя. Для этого производится практически полное опускание подложки в раствор до момента замыкания электролитом контактов датчика уровня, после чего она определенное время выдерживается в погруженном состоянии. После завершения паузы начинается вынимание подложки из жидкости на постоянной скорости 1–10 мм/с до точки замедления, после прохождения которой процесс продолжается на пониженной скорости, менее 1 мм/с до полного вынимания из раствора. Сушка покрытой пластины происходит при температуре более 100 °С с целью полимеризации и затвердевания раствора.

Поверхностное сопротивление пленки проводящего полимера измеряется четырехзондовым методом [2]. Для этого использована измерительная головка прибора ИУС-3 (рис. 2), которая содержит четыре подпружиненных точечных электрода, контактирующих с поверхностью образца. К электродам 1 и 4 подключается источник постоянного тока известной величины, а напряжение на контактах 2 и 3 измеряется вольтметром.

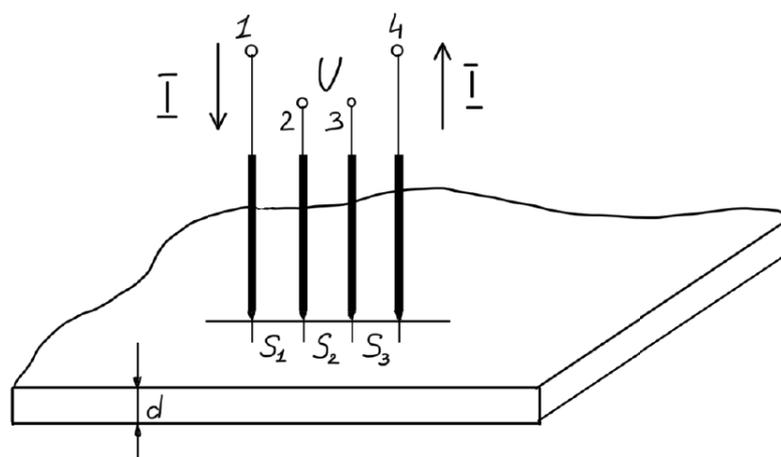


Рис. 2. Четырехзондовый метод измерения поверхностного сопротивления тонких пленок: 1, 4 – электроды; 2, 3 – контакты

Величина удельного поверхностного сопротивления рассчитывается по эмпирической формуле

$$\rho_s = 4,53 \frac{U}{I}, \text{ Ом/см}^2,$$

где U – напряжение между электродами 2 и 3, В; I – ток через электроды 1 и 4, мА.

В ходе экспериментов варьировалась толщина проводящего покрытия, состав раствора, а также режимы нанесения для получения максимально однородной толщины пленки. При однократном окунании в раствор толщина пленки d составляет порядка 10^{-1} мкм. Удельное сопротивление каждого из образцов является средним арифметическим пяти значений при измерениях в различных точках подложки (рис. 3).

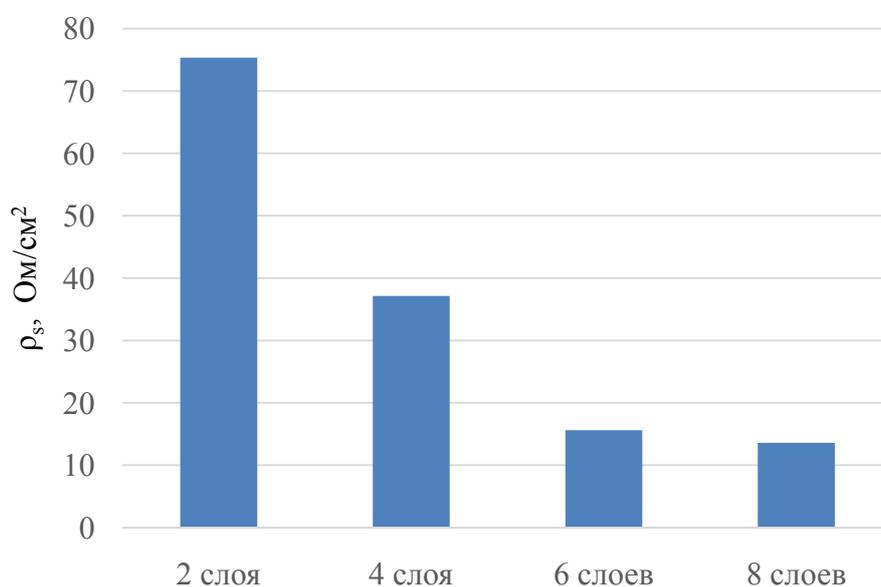


Рис. 3. Зависимость удельного поверхностного сопротивления пленки электролита *PEDOT PSS* от числа нанесенных слоев после отжига при 180 °С

В заключение можно отметить, что для создания проводящей пленки требуется специализированное оборудование, позволяющее изменять скорость погружения подложек и обеспечивать оптимальный режим нанесения электролита. Данный процесс должен обеспечивать равномерное смачивание всей поверхности образцов и создание непрерывной проводящей пленки. Для последующей полимеризации требуется нагрев образца при температуре до 200 °С. Замеры показывают, что с ростом толщины покрытия удельное поверхностное сопротивление перестает снижаться и достигает

определенной минимальной величины, обусловленной распределением тока в материале.

Список литературы

1. *Брускин, Д. Э.* Электрические машины и микромашины : учеб. для вузов / Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович, В. С. Хвостов. – Москва : Высшая школа, 1990.

2. *Поклонский, Н. А.* Четырехзондовый метод измерения электрического сопротивления полупроводниковых материалов : учеб.-метод. пособие / Н. А. Поклонский, С. С. Бежавский, С. А. Вырко, Т. М. Лапчук. – Минск : Технопринт, 1998.

М. Ю. Симонова

П. А. Останина, кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Разработка дизайна детской игрушки для слабовидящих и слепых детей с использованием фактур

В данной статье рассматривается информация о воспитании слабовидящих и слепых детей дошкольного возраста с помощью развития их осязания, а также влиянии различных фактур на эмоциональное состояние человека. На основе этого приводится разработка дизайна детского игрового набора.

Ключевые слова: фактура; игрушка; тактильное восприятие; дети, инвалиды по зрению.

В настоящее время воспитанию детей с какими-либо особенностями здоровья уделяется большое внимание. Это также касается слепых и слабовидящих детей, для которых разрабатываются игрушки, особые книги, мобильные приложения и элементы городской среды, помогающие в навигации. Но первыми, с чем взаимодействует любой ребенок, являются игры и игрушки.

Опыт взаимодействия с различными поверхностями в детском возрасте для инвалидов по зрению способствует развитию тактильных анализаторов, помогающих компенсировать работу глаз, развивая интеллект, речь и мелкую моторику. Поэтому изучение тактильных свойств различных фактур может помочь в разработке игрушек для слабовидящих и слепых детей.

Целью данной работы является изучение тактильных свойств различных фактур и разработка дизайна детской игрушки для детей с нарушением зрения.

Для полноценного понимания окружающей нас действительности важны все органы чувств. Получая полные данные о мире вокруг, ребенок в дальнейшем может наиболее адекватно ориентироваться в нем и развиваться. При частичной потере зрения чувствительность ребенка к познанию уменьшена, из-за чего он лишается значительного чувственного опыта, который присутствует у других детей младшего дошкольного возраста. Для решения этой проблемы необходима работа по целенаправленной коррекционной деятельности. Особую роль в этом играет компенсация зрительной недостаточности. Большое значение в этом процессе имеет осязание. Л. Б. Осипова писала, что необходимыми условиями развития компенсаторных процессов на основе осязания являются следующие критерии: готовность руки к осязательному обследованию разного рода объектов, накопление чувственного сенсорного опыта и формирование представлений о предметах через осязание в практической деятельности [1].

Овладение приемами осязательного восприятия предметов при участии тактильно-двигательного анализатора помогают детям наиболее точно представлять предметы и пространство, воспринимать форму, размеры, фактуру предметов, читать точечный шрифт и рельефные изображения [2, 3].

Игрушки для слепых и слабовидящих детей должны быть разнообразными по фактуре, размеру, весу, иметь другие различия в области тактильных ощущений. Различие фактур позволят ребенку сопоставлять свойства предметов и отличать их только по прикосновению. Чем большее разнообразие ощущений удастся предоставить ребенку через игрушки, тем больше у него будет возможности быстро и правильно определять окружающую и меняющуюся обстановку [4].

А. В. Потемкина на примере рельефных книг рассказывает о том, как должны быть выполнены предметы, предназначенные для восприятия слепыми и слабовидящими. В них необходимо передать все ключевые признаки, нарушение формы негативно сказывается на узнавании. Не следует демонстрировать предмет в ракурсе, который ведет к нарушению пропорций. Он должен

быть понятным и легко считываемым. Не следует изображать предмет частично [5]. Эти требования можно применять и к игрушкам.

Нередко фактура имеет важное значение в создании выразительного образа предмета, усиливая его эмоциональное содержание. П. А. Останина в своей монографии «Фактура в дизайне» говорит о том, что разные фактуры вызывают различные эмоциональные ассоциации. Впечатление от фактуры ассоциативно связывается с характером объекта. В целом фактуры материалов по рельефности рационально делить на два основных типа – ровные и рельефные, и подразделять каждый из типов на гладкие и шероховатые [6].

Результаты исследований, выполненных П. А. Останиной и А. П. Перевозчиковой эмпирически подтвердили зависимость образно-эмоционального восприятия фактуры от параметров ее неровностей – их высоты и шага, рисунка и профиля. Например, выяснено, что для активности характерна рельефная гладкая поверхность, произвольный рисунок со средней плотностью и зубчатым профилем [7].

В настоящий момент на рынке представлены игровые наборы, в которых главным элементом является фактура (рис. 1).



Рис. 1. Тактильные игровые наборы: а – ладошки; б – лото; в – плитки

Проанализировав их и информацию выше, мы сделали вывод, что разрабатываемая игрушка должна иметь большое разнообразие форм, размеров и фактур, подходящих под определенную эмоцию, чтобы ребенок мог лучше ориентироваться в окружающем мире. При этом форма и пропорции деталей

должны быть реальны и понятны. Игрушка должна развивать сенсорное восприятие, мелкую моторику, обогащать представления о мире вокруг и способствовать наиболее полноценному формированию образно-эмоционального восприятия реальности.

На основе всех сделанных выводов были разработаны эскизы будущего игрового набора для слепых и слабовидящих детей (рис. 2). Детали набора представляют собой 42 предмета, которые поделены на 6 групп. Они выполнены в форме окружающих ребенка предметов, ассоциирующихся с определенной эмоцией. Размер деталей также отличается, он постепенно пропорционально уменьшается, что поможет детям осознавать и сопоставлять масштаб предметов вокруг них. У каждой группы предметов будет своя фактура, подходящая под эмоцию, по которой ребенок будет группировать и распознавать детали.

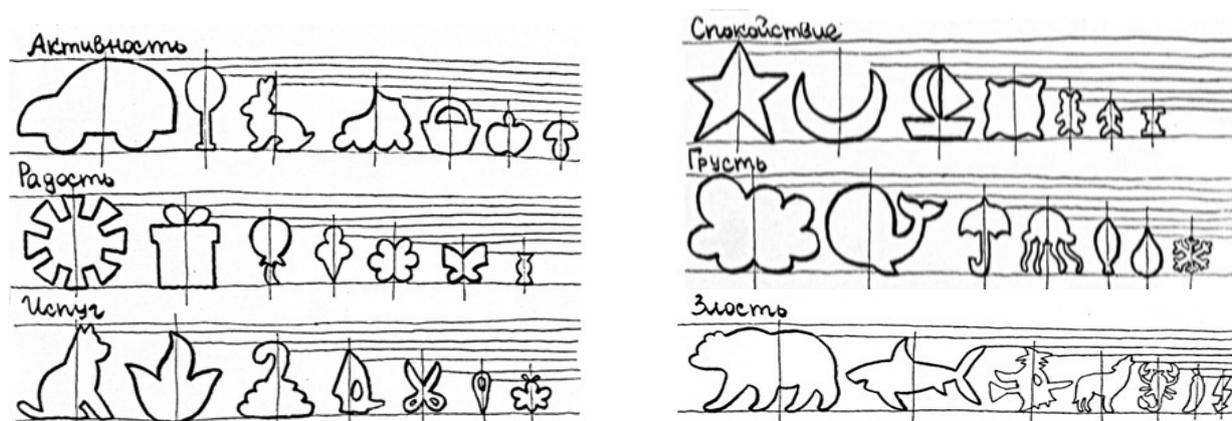
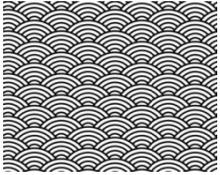
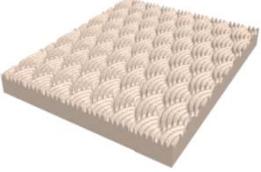
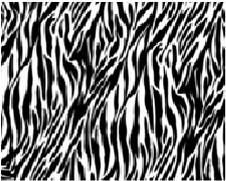
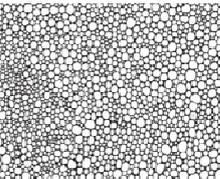
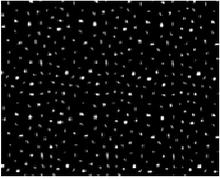
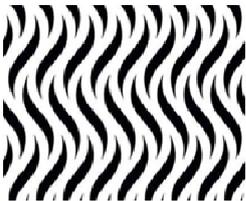
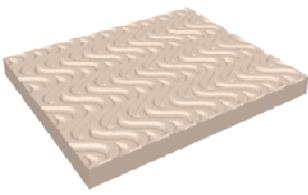


Рис. 2. Эскизы игрового набора

Главным элементом игрового набора являются фактуры, которые должны не только повышать уровень тактильной восприимчивости детей, но и вызывать у них определенные эмоции. Опираясь на проведенные ранее исследования, в том числе на работу А. П. Перевозчиковой, было выбрано и смоделировано 6 фактур (таблица). Каждая из них отличается по типу рельефности, типу и плотности рисунка, профилю неровностей и соответствует какой-либо эмоции.

Выбранные фактуры

Эмоция	Текстурная карта	3D модель	Описание
Активность			Рельефная гладкая, произвольный рисунок, средняя плотность, зубчатый профиль
Радость			Рельефная гладкая, упорядоченный рисунок, средняя плотность, плавный профиль
Испуг			Рельефная гладкая, хаотичный рисунок, средняя плотность, зубчатый профиль
Спокойствие			Рельефная гладкая, произвольный рисунок, высокая плотность, плавный профиль
Злость			Ровная шероховатая, хаотичный рисунок, средняя плотность, зубчатый профиль
Грусть			Рельефная гладкая, упорядоченный рисунок, средняя плотность, произвольный профиль

Выбрав и выполнив необходимое количество фактур, можно наложить их на некоторые детали игрового набора. Для этого было выбрано по одному элементу из каждой эмоции, которые убывают по размеру. Детали с фактурами представлены на рис. 3.

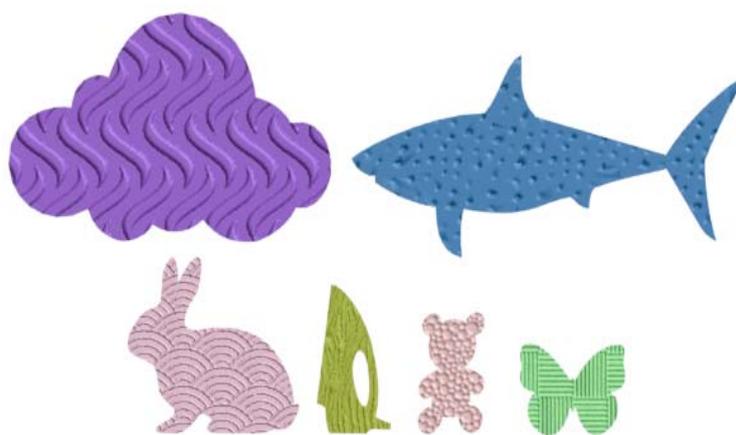


Рис. 3. Фактурированные детали

Разработанный игровой набор сочетает в себе несколько важных признаков, которые сможет изучить ребенок в процессе использования: форма, размеры, фактура, пропорции. Благодаря такому разнообразию он может быть востребован на рынке игрушек для слепых и слабовидящих детей. Кроме того, набор развивает мелкую моторику, тактильное восприятие, помогает ребенку познать и представить мир вокруг, начать лучше в нем ориентироваться.

Список литературы

1. *Осипова, Л. Б.* Условия развития осязания и мелкой моторики как средства компенсации зрительной недостаточности: монография. – Челябинск : Цицеро, 2011. – 112 с.
2. *Ермаков, В. П.* Основы тифлопедагогики: Развитие, обучение и воспитание детей с нарушениями зрения : учеб. пособие / В. П. Ермаков, Г. А. Якунин. – Москва : Владос, 2000. – 240 с.
3. Развитие осязания и мелкой моторики рук у детей с нарушениями зрения (3–5 лет) : метод. пособие для тифлопедагогов ДОУ / Е. В. Андрющенко, Л. Б. Осипова, Н. Я. Ратанова. – Челябинск, 2017. – 96 с.
4. Развивающие игрушки для детей с нарушением зрения. – URL: <http://gancevichi.edu.by/main.aspx?guid=4471> (дата обращения: 22.06.2021).
5. *Потемкина, Алла Вадимовна.* Рельефные книги для слепых: история и современность // Теория и практика общественного развития. – 2014. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reliefnye-knigi-dlya-slepyh-istoriya-i-sovremennost> (дата обращения: 25.06.2021).

6. *Останина, П. А.* Фактура в дизайне : моногр. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2016. – 225 с.: ил.

7. *Крестьянинова, А. О.* Образно-эмоциональные свойства фактур в разработке учебно-игрового набора фактурной мозаики для тактильно-аудиальных занятий со слабовидящими и слепыми детьми / А. О. Крестьянинова, П. А. Останина, М. А. Широких // Технология художественной обработки материалов: сб. материалов XXIII Всерос. науч.-практ. конф. (г. Санкт-Петербург, 12–15 октября 2020 г.) / под ред. Л. Т. Жуковой. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербург. гос. ун-т промышленных технологий и дизайна, 2020. – С. 192–197.

УДК 62-712.3

ГРНТИ 45.37.00

П. О. Прошляков, магистрант

sssvinnn666@gmail.com

Р. А. Хатбуллин, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

А. Ю. Сапегин, начальник КБ 531 отдела силовой электроники

ООО «ИРЗ ТЭК»

Оценка влияния мощности вентилятора охлаждения на допустимый выходной ток преобразователя частоты

Статья посвящена анализу целесообразности применения разных по мощности вентиляторов в системе воздушного охлаждения преобразователей частоты для достижения максимального выходного тока. Целью работы является оценка влияния мощности вентилятора системы охлаждения на эффективность охлаждения радиатора преобразователя частоты и как следствие – результирующую температуру кристалла силового транзистора. Проводятся испытания преобразователя частоты с номинальным током 1000 А с двумя разными вентиляторами при температуре воздуха 50 °С и номинальном токе инвертора. Результатом испытаний являются полученные температуры радиаторов при заданном токе нагрузки, а также выводы, сделанные по этим данным. Статья предназначена для студентов технических направлений и разработчиков, занимающихся силовой электроникой.

Ключевые слова: преобразователь частоты; температура; система охлаждения; IGBT-модуль.

Введение

Силовая электроника как таковая предназначена для преобразования электрической энергии: частотой, силой тока или напряжением вне зависимости от номинальной мощности устройства. Силовая электроника начала актив-

но набирать темпы развития в середине XX века [1]. Для того чтобы грамотно разработать преобразователь частоты, необходимо учитывать и прорабатывать разные вопросы, начиная от топологии инвертора и заканчивая физическим расположением компонентов и механических элементов конструкции.

Полупроводниковые приборы, в частности биполярные транзисторы с изолированным затвором (*IGBT*), широко используются в силовой электронике – они являются ключевыми компонентами инвертора [2]. Таким образом, забота о защите инвертора от деградации и выхода из строя должна быть выполнена на должном уровне. Температура кристалла *p-n*-перехода является ключевым параметром. Она напрямую связана с потерей мощности инвертора и перегревом, которые могут привести к деградации или даже выходу из строя. Поэтому для защиты полупроводникового прибора от теплового разбега и использования активного терморегулирования должна быть точно измерена либо рассчитана температура кристалла силового транзистора [3]. Для этого необходимы практические испытания, которые проводятся в специальной термокамере, способной поддерживать температуру воздуха внутри в +50 градусов, а также специальными клеммами, к которым подведено сетевое трехфазное напряжение и вывод под нагрузку.

Для расчета температуры кристалла *IGBT*-модуля используется специальное программное обеспечение от производителя модуля, где для расчета вводится ток нагрузки, напряжения, косинус угла между ними, частота переключений ШИМ и температура радиатора.

Целью работы является оценка перегрева кристалла *IGBT*-модуля при использовании различных вентиляторов охлаждения.

1. Проведение лабораторно отборочных испытаний

1.1. Результаты испытаний на вентиляторах 160 Вт

В ходе испытаний инвертора с номинальным током 1000 А были получены следующие данные. Скорость воздуха на обдуве радиатора составила 14 м/с. При работе в теплокамере при температуре ≈ 50 °С и при аппаратной защите по

температуре радиатора в 87 °С, программной в 85 °С и токе 850 А наблюдался перегрев радиаторов и отключение, которое происходило через 2–3 минуты после запуска инвертора. Инвертор работал на реактивную нагрузку. Для проведения испытаний аппаратная защита по температуре радиатора была увеличена до уровня 95–100 °С, программная – до 95 °С. При этом наблюдался перегрев радиатора (101 С_о в самой нагретой точке) и отключение инвертора, но для этого требовалось больше времени. Данные по этим испытаниям приведены в таблице, температуры измерялись незадолго перед отключениями инвертора. При небольшом снижении температуры в комнате (до 43–45 °С) инвертор начинал работать стабильно, при этом по показанию пульта и тепловизора температура радиатора была ≈90–94 °С, т. е. в данном режиме система охлаждения работала на пределе. Соответственно, дальнейшее увеличения тока нагрузки (до 1000 А) при температуре окружающей среды в 50 °С неизбежно приведет к перегреву радиаторов и отключению инвертора. Оценка нагрева радиатора проводилась при помощи тепловизора. В таблице приведены общие данные по температуре нагрева основных элементов инвертора после прогона.

Общие данные по температуре нагрева основных элементов инвертора после прогона

Элементы инвертора	<i>U</i>	<i>W</i>	<i>V</i>
Шина выходная, °С	89	90	110
Снаббер, °С	75	75	75
Электролиты, °С	80	75	75
Радиатор, крайний ключ, °С	87	96	97
Радиатор, м/д 1-м и 2-м ключами, °С	98	95	101
DC-шина, у входа, °С	95	102	110
DC общая шина, °С	91	131	120
Воздух на входе, °С	53		
Воздух на входе, м/с	52		
<i>I</i> _{dc} , А	14		
<i>U</i> _{dc} , В	550		
<i>I</i> _{вых} , А	850		
<i>U</i> _{вых} , В	78		

Термограмма с измерением температуры радиатора в самой нагретой точке приведена на рис. 1.

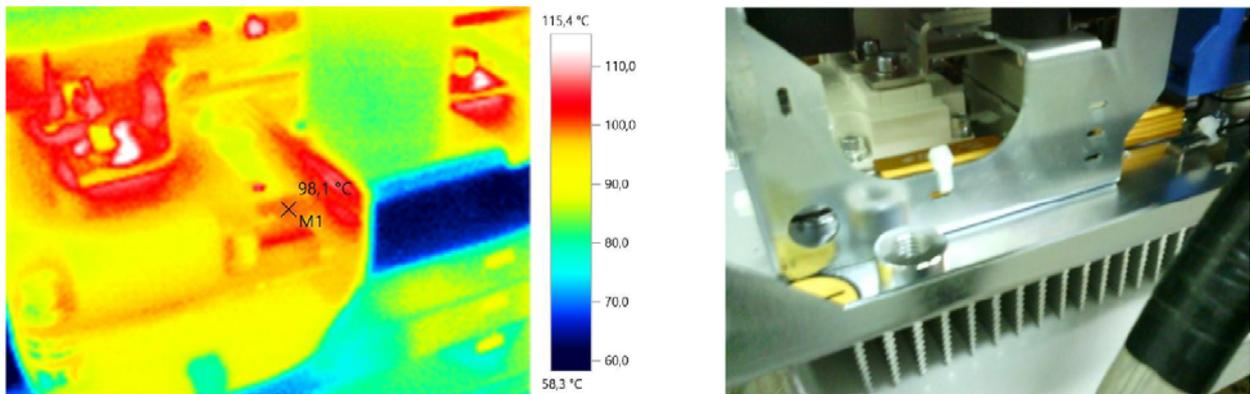


Рис. 1. Термограмма радиатора инвертора

1.2. Результаты испытаний на вентиляторах 660 Вт

Испытания проводились в термокамере при температуре в 50 градусов по Цельсию. Скорость воздуха на входе в радиатор составила 22 м/с. Инвертор работал на дроссели.

Удалось достичь стабильной работы инвертора при выходном токе в 1100 А. При этом температура радиатора второй по ходу воздуха сборки (рис. 2) достигла 96 градусов между первым и вторым IGBT-модулем. При этом температура радиатора в той же точке первой по ходу воздуха сборки на три градуса меньше и составила 93 градуса.

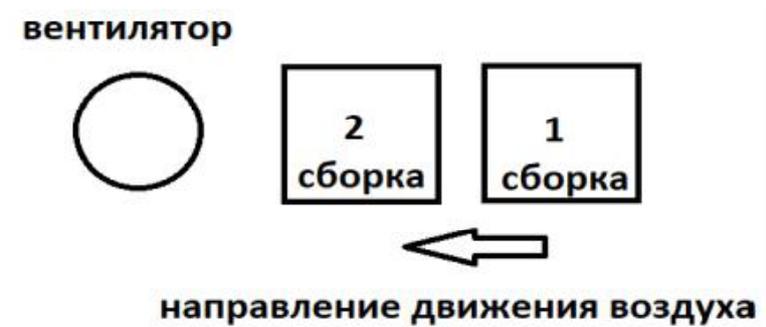


Рис. 2. Схема обдува силовых сборок-полумостов

В итоге при длительной работе на выходной ток в 1000 А температура радиатора достигла 102,6 градуса между первым и вторым модулями второй по ходу воздуха силовой сборки. По сигналу с контроллера температура радиатора была 89 градусов. Термограмма радиатора силовой сборки приведена на рис. 3.

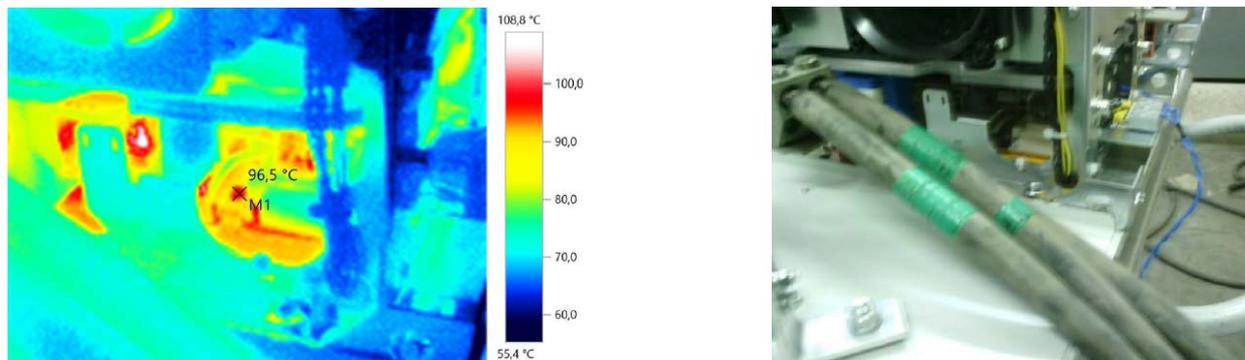


Рис. 3. Термограмма радиатора инвертора при токе в 1100 А

1.3. Расчет температуры кристалла IGBT-модуля в среде SEMISEL

Расчет температуры кристалла модуля был проведен в среде SEMISEL [4]. Далее приведены пошагово введенные параметры для расчета (рис. 4–6).

Topology & circuit

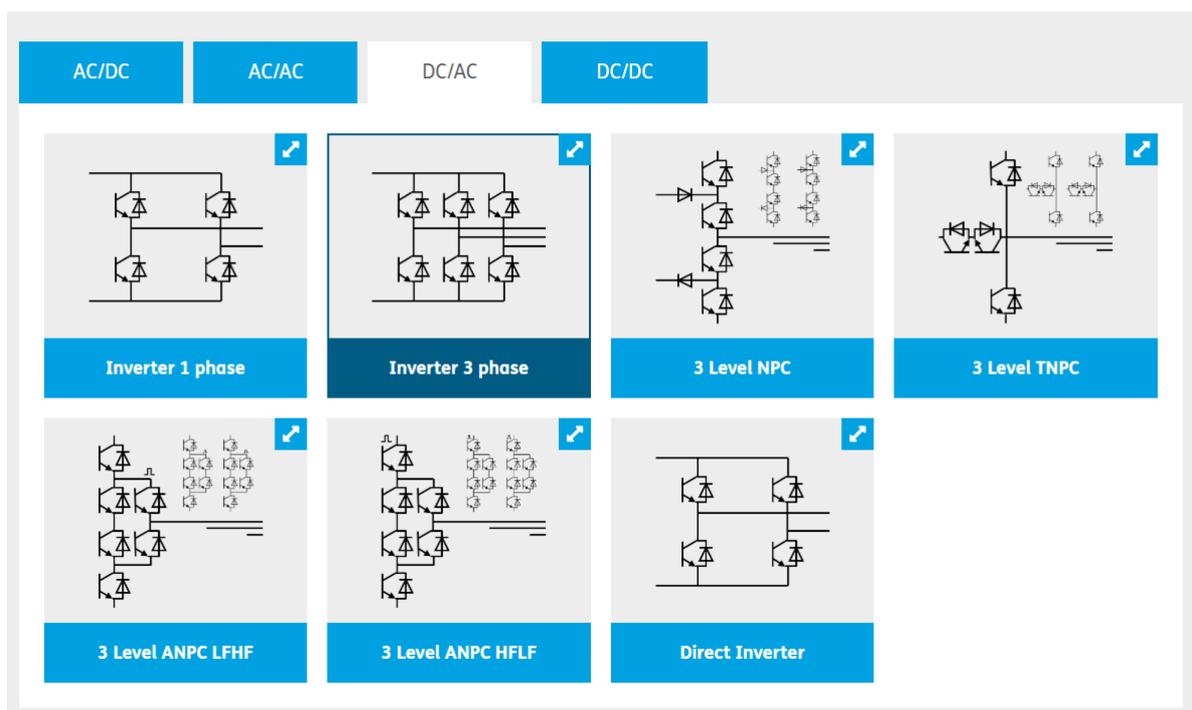


Рис. 4. Выбор топологии преобразователя

Nominal load

Input voltage (V_{in})	650 V	Output voltage (V_{out})	380 Vrms
Output current (I_{out})	1100 Arms	Output power (P_{out})	627 kW
Power factor ($\cos \varphi$)	0.866	Output frequency (f_{out})	50 Hz
Switching frequency (f_{sw})	4 kHz	Modulation (M)	Sinus triangle PWM
Additional losses per heatsink (P_{HS})	0 W		

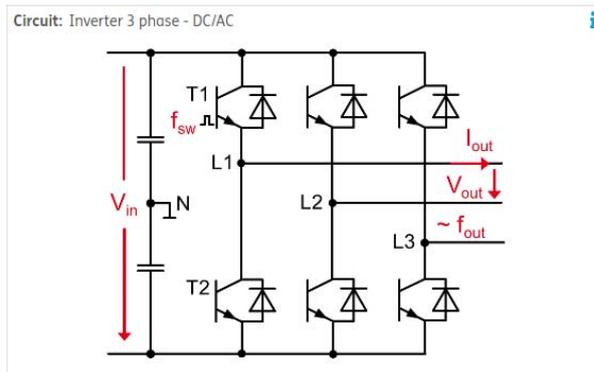


Рис. 5. Ввод номинальных параметров преобразователя

<input type="radio"/> SKM450GB33F	3300	450	Half Bridge	33F-IGBT	Not for new designs	SEMITRANS 20
<input checked="" type="radio"/> SKM600GB12E4	1200	600	Half bridge	IGBT 4 (Trench)	In production new	SEMITRANS 3
<input type="radio"/> SKM450GB12E4D1	1200	450	Half bridge	IGBT 4 (Trench)	In production new	SEMITRANS 3

Рис. 6. Выбор типа IGBT-модуля

По рис. 7 температура радиатора уже известна из данных, полученных при испытаниях. Поэтому указывается фиксированная температура радиатора в 102 градуса.

При длительной работе на выходной ток в 1100 А температура радиатора достигла 102,6 градуса между первым и вторым модулем второй по ходу воздуха силовой сборки. По сигналу с контроллера температура радиатора была 89 градусов. По расчету через SEMISEL на сайте при заданной температуре радиатора температура кристалла модуля составит 124 градуса, что является приемлемым результатом (рис. 8).

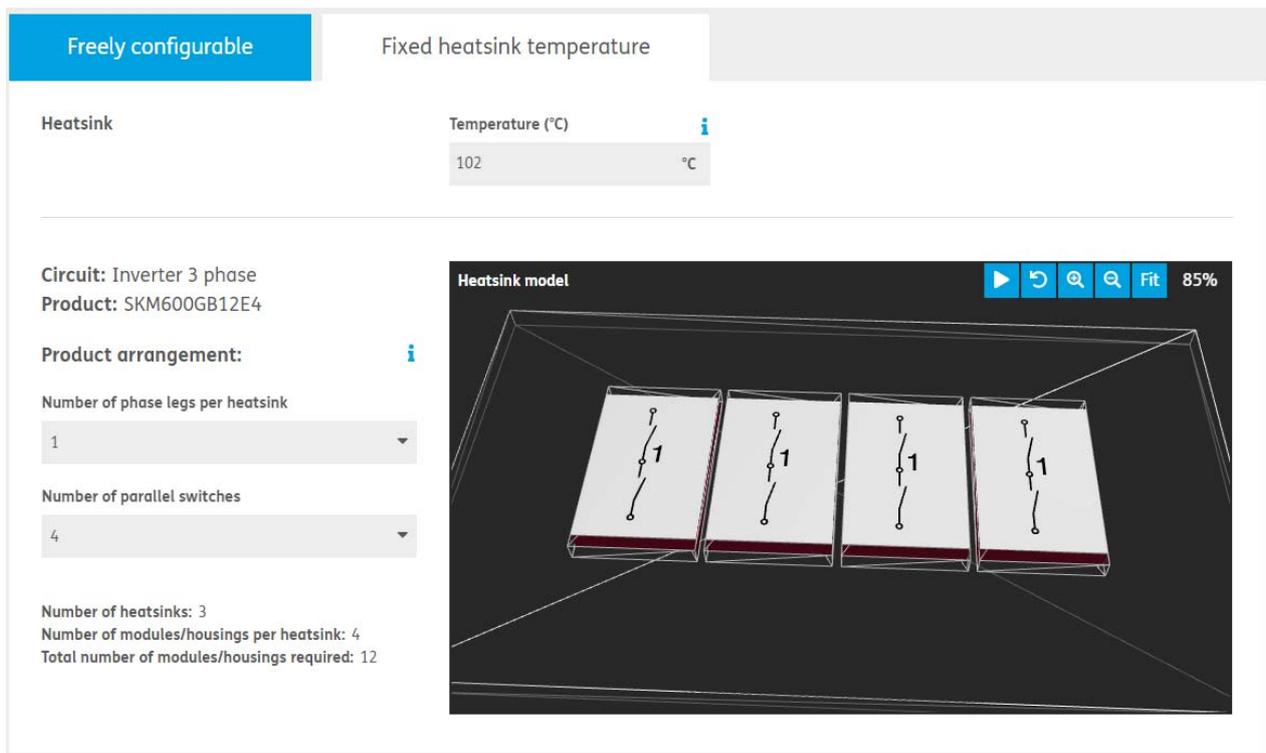


Рис. 7. Задание параметров радиатора

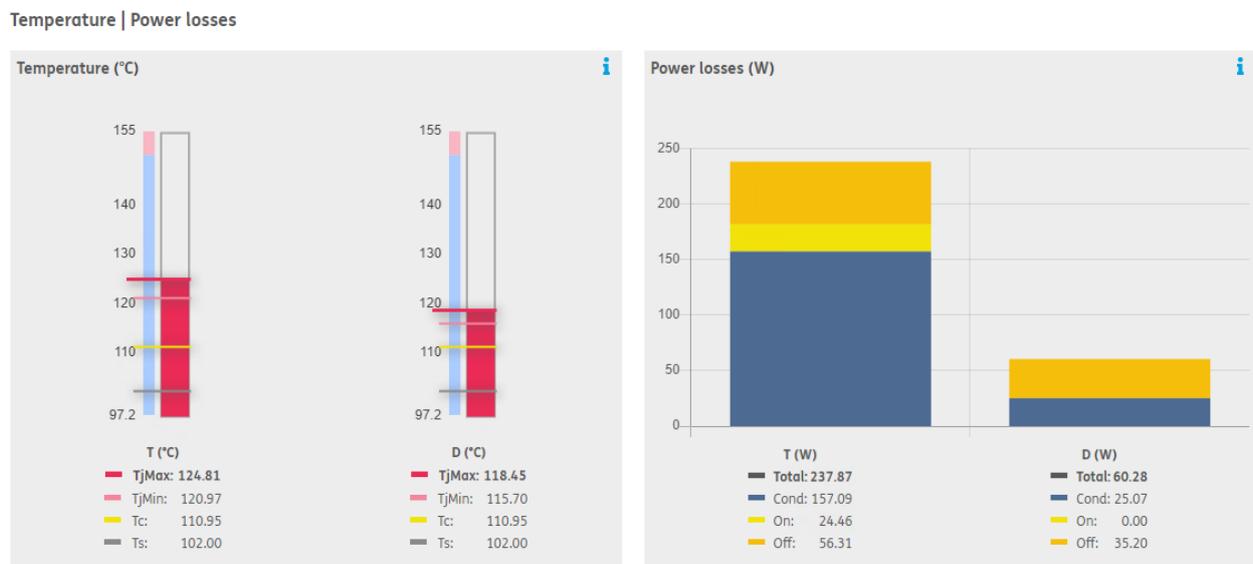


Рис. 8. Результаты расчета температуры кристалла

Заключение

В результате проведения испытаний и расчета температуры кристалла IGBT-модуля видно, что вентиляторы 660 Вт необходимы, т. к. они выдают скорость потока воздуха в радиаторе 22 м/с против 14 м/с для вентиляторов 160 Вт. При скорости потока воздуха 22 м/с удалось достичь продолжительной

безопасной работы инвертора на номинальный ток в 1000 А и даже в 1100 А при заданной температуре окружающей среды в +50 градусов Цельсия.

Список литературы

1. *Семенов, Б. Ю.* Силовая электроника для любителей и профессионалов. – Солон-Р, 2001. – ISBN 5-93455-089
2. *Колтаков, А. И.* В лабиринте силовой электроники. Санкт Петербург : Изд-во Буковского, 2000.
3. *Полуянович, Н. К.* Силовая электроника. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2005. – 204 с.
4. SemiSel V5. – URL: <https://semisel.semikron.com/#/simulation/result> (дата обращения: 09.11.2021).

УДК 87.29.37

ГРНТИ 62.33.00

Ю. А. Рыбакова, студент

rybakova220122@yandex.ru

А. А. Данилова, старший преподаватель кафедры «САиУК»

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Биолюминесцентные деревья для освещения улиц

В данной статье описывается методика использования деревьев в качестве естественного освещения в городской среде. Рассказано, что такое люминесценция. Изложены отличительные особенности биолюминесцентных живых организмов. Рассмотрен вариант по созданию «фонарей будущего» в современном мире в качестве домашнего и городского освещения, что позволит отказаться от электрического освещения и улучшит экологическую ситуацию в мире.

Ключевые слова: биолюминесцентные деревья; живые организмы; экология; освещение улиц светящимися растениями; электроэнергия.

Деревья играют важную роль в биоразнообразии города, обеспечивая благотворное влияние на физическое и психофизическое состояние человека. Лесная прогулка благоприятно сказывается на нервной системе человека, успокаивая и отвлекая от повседневного ритма города. Экологическая значимость лесов растет с каждым годом. Например, за одни сутки дерево восстанавливает необходимое количество кислорода для дыхания трех человек. На сегодняшний день во многих городах есть так называемые «зелёные зоны», которые положительно влияют на экосистему города. Однако, при создании «зелёных зон»

в городах требуется немало усилий и ресурсов. В статье описывается методика использования растений в качестве индикаторов окружающей среды. Задав-шись вопросом: «Как избежать проблем «зеленых зон» в современных горо-дах?», – мы пришли к идее о создании биолюминесцентных деревьев (рис. 1).

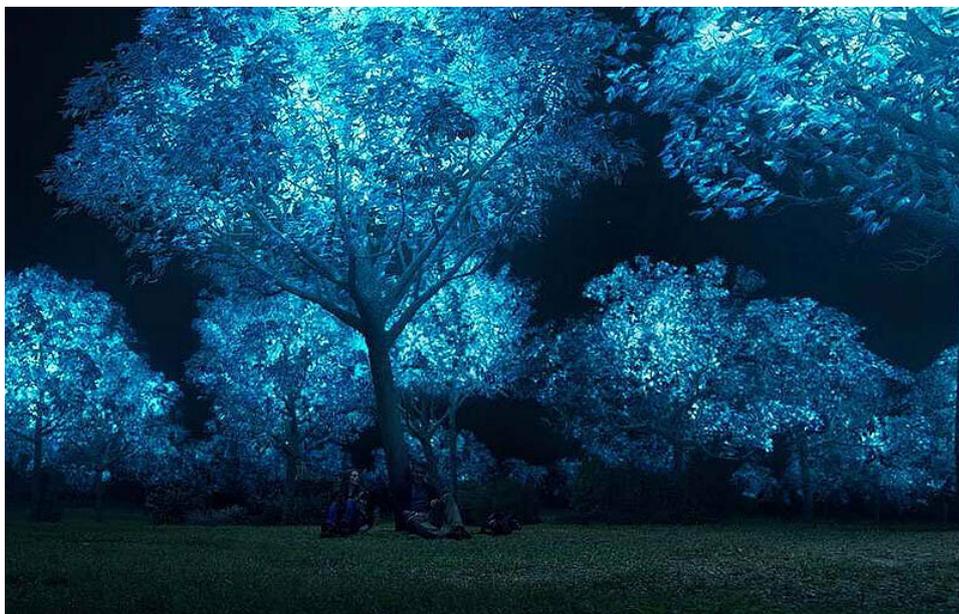


Рис. 1. Биолюминесцентные деревья

Дороги будущего могли бы уже сейчас освещаться светящимися деревь-ями вместо уличных фонарей, благодаря созданию биолюминесцентных расте-ний. Как вам известно, нет такой сферы деятельности, которая бы не зависела от электроэнергии [3]. Польза энергетики неоспорима, но сложно отрицать и негативное воздействие на окружающую среду, поэтому создание биолюми-несцентных деревьев не только решит проблему с озеленением городов, но и значительно снизит потребность электричества.

Современные ученые уже работают над созданием биолюминесцентных деревьев и растений. В результате многочисленных опытов деятели науки по-лучили генетически модифицированные растения. В их генах содержатся фраг-менты ДНК, которые отвечают за выработку люциферина. По задумке ученых, деревья со светоизлучающим пигментом смогут вырабатывать световое излу-чение в темное время суток, что позволит снизить значительные средства на

освещения городов в будущем. В России эксперименты с ГМ-растениями не запрещены. Однако по приказу Минсельхоза аккредитованная испытательная лаборатория по результатам исследования модифицированного растения должна предоставить выводы о наличии или отсутствии негативного воздействия ГМ-культуры на окружающую среду. Если ГМ-растение соответствует показателям безопасности, заявителю выдадут соответствующее заключение [4].

Сам эффект называется *биолюминесценция* – это нетепловое свечение в окружающей нас живой системе. Биолюминесценцию принято считать, способностью некоторых живых организмов светиться в темноте. К таким удивительным биолюминесцентным животным относятся: светлячки, морской черт, хрустальная медуза, лунная медуза, мотиксия (многоножка) и ряд других живых организмов.

Исследование данного феномена берет свое начало в 1668 г., когда ученый-исследователь Роберт Бойль нашел схожесть свечения между гнилушками и горением угля. На данном опыте ученый доказал, что если полностью убрать из данного процесса кислород, то излучения света не будет. Первый значимый шаг в исследовании механизма биолюминесценции сделал Р. Дубой в 1885 г. Он подтвердил, что в химической реакции, вызывающей излучение света, участвует два-три различных элемента. Оказалось, что световое излучение возникает при смешении двух групп веществ, результатом которой является химическая реакция. Кроме того, данная реакция может происходить только тогда, когда третьим компонентом является кислород.

Интересную гипотезу о появлении люминесценции выдвинули В. Макелрой и Г. Селиджер. Их внимание привлекло то, что люминесцентные организмы являются ведущим образом простыми организмами – бактериями, грибами, беспозвоночными и раковыми, т. е. чаще всего организмами, живущими в воде при относительно неблагоприятных условиях жизни. Авторы гипотезы полагают, что в период появления первой формы жизни на Земле существовали аномальные условия, при которых отсутствовал кислород. Организмы, приспособленные к бескислородным условиям, более поздно восприняли появление ки-

слорода как токсического фактора и, следовательно, у организмов появилась потребность в химической связи с кислородом. Таким образом, естественный отбор прошли лишь те формы тела, которые получили специфические кислородные ферменты, обеспечивающие быстрое использование кислорода. Люцифераза действует по такому принципу: он ускоряет обмен кислородом в реакциях с химическими люминесценциями. В дальнейшем живые организмы приспособились к кислородной среде, так что биолюминесценция утратила свою необходимость в роли защитной реакции и лишь осталась только как рудимент. Однако некоторые виды до сих пор используют эту особенность в организме в качестве освещения, сигнала или для защиты [6].

Но если химическая реакция является основой биолюминесценции, то встанет вопрос о том, почему не все организмы светятся, ведь химическая реакция, как известно, происходит у каждой клетки. Уже очень давно высказывалась мысль о том, что наряду с биолюминесценцией в биосистемах существует также слабое излучение света, которое универсально по своему происхождению, а также характерно для всех клеток организма. В 30-е годы В. Леиешкин заявил о том, что он смог открыть в ультрафиолетовой части спектра очень слабое излучение, которое можно было зафиксировать при помощи специальных фотопластинок. Поскольку это излучение происходит при гниении клеток, то его называли *некробиотическими лучами*. Однако дальнейшие опыты не нашли широкого ответа и прекратились.

Природа биолюминесценции химическая. Топливом люминесценции (окисляемое вещество) является люциферин, а фермент, обеспечивающий появление люминесценции, является люциферазой. Люциферазы составляют класс окислительных ферментов, которые позволяют некоторым видам живых организмов *биолюминесцировать* или излучать свет. Например, светлячки способны излучать свет посредством химической реакции, в ходе которой люциферин превращается в оксилуциферин ферментом люциферазой. Для лучшего понимания назовем люциферин – свечой, а люциферазу – фитилем. Исследования показали, что люциферин (свеча) – это достаточно устойчивое вещество, которое не

расщепляется даже при кипячении, однако люцифераза (фитиль) напротив является неустойчивым соединением, расщепляясь при нагревании. Такое поведение характерно для сложных ферментов. Люциферины и люциферазы у различных биологических видов химически неидентичны. В форме света находится часть энергии, которая высвобождается в результате этой реакции. Всего известно ученым об около 40 биолюминесцентных систем, включающих 7 различных типов люцифераз.

Чтобы произвести свет, потребуется три молекулы: кислород, люциферин и люцифераза. Люциферин является молекулой, которая вступает в реакцию с кислородом, в ходе которой выделяется энергия, представляющая собой фотоны, т. е. свет. От их энергии, а значит, от типа конкретного люциферина, зависит частота света (т. е. цвет). Люцифераза – молекула, запускающая реакцию между кислородом и люциферинном. Иными словами, люциферин – молекула, которая зажигается (свеча), а люцифераза – то, что ее зажигает (фитиль) [5]. Однако биолюминесценция может происходить и по-другому. Так, свечение медузы *Aequorea* обусловлено взаимодействием специфического белка экворина с ионами кальция, причем без участия кислорода.

Биолюминесцентные живые организмы светятся необычайно ярко. Почти каждая молекула продукта реакции образуется в электронно-возбужденном состоянии. Интенсивность света зависит от времени суток. Самый яркий свет можно увидеть в середине ночи. В темное время суток такое свечение может осветить предметы, расположенные рядом с вами. При таком освещении, после привыкания глаз, можно даже разобрать текст. Живые организмы светятся все время, непрерывно, но яркость колеблется. Если поднести банановую кожуру, выделяющую этилен, они начинают светиться ярче. Или, например, молодые побеги светятся ярче, чем старые [1, 2]. Биолюминесценция больше характерна для морей и океанов, на суше ее можно встретить крайне редко. Самый распространенный вид свечения биолюминесценции – *фитопланктон*. Синие оттенки сливаются в необыкновенные узоры, создавая завораживающую картину, которой можно любоваться бесконечно. Данный узор создает одноклеточный

планктон, реагируя на внешние раздражители. Еще одним удивительным фактом биосвечения являются глубоководные рыбы, которые могут светиться различным образом: одни излучают свет всем телом, другие по отдельности: светятся хвост и голова.

Предложенная в данной статье идея состоит в том, чтобы создать технологию способа создания такого растения, в основе которого лежит та самая биолюминесцентная бактерия – бактерия, которая накапливает и выделяет свет. К данной бактерии относится люциферин. Поскольку растения сами не вырабатывают люциферин, его нужно физически ввести в ген живого организма. Мы собираемся создать такие растения, которые смогут пройти все необходимые проверки для выращивания и продажи на рынке.

Главной целью является создание такого продукта, который заменит любой электроприбор, не требующий электричества. Биолюминесцентные деревья можно будет внедрить для самых разных функций, начиная с освещения улиц, заканчивая настольным освещением в домах (рис. 2, 3).



Рис. 2. Пример светящиеся деревьев в качестве уличного освещения

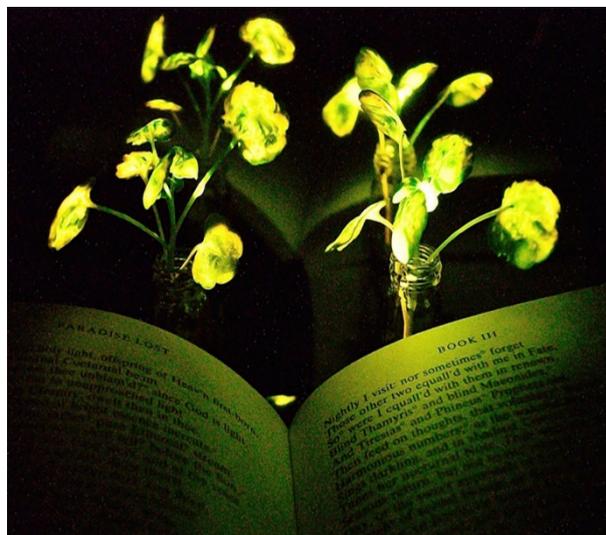


Рис. 3. Пример биолюминесцентного растения в качестве настольного освещения

Данная разработка поможет с проблемой озеленения городов в современном мире, что немаловажно для экологии всей планеты.

Использование биолюминесцентных деревьев на улицах городов будет способствовать замене уличных фонарей, что приведет к уменьшению потребления электроэнергии. Кроме того, подобные деревья будут выполнять роль зеленых насаждений, что благоприятно скажется на экологии города.

Список литературы

1. *Кузнецов, С.* При свете табака. – URL: <https://nplus1.ru/material/2020/04/27/shining> (дата обращения: 26.10.2021).
2. *Данилов, Е.* Ученые работают над созданием биолюминесцентных деревьев и растений. – URL: <https://geekometr.ru/statji/biolyuminescentnye-derevyu.html> (дата обращения: 26.10.2021).
3. Экологические проблемы, связанные с современной энергетикой, и пути их решения. – URL: <https://ecologanna.ru/ekologicheskie-problemy/ekologicheskie-problemy-svyazannye-s-sovremennoj-energetikoj> (дата обращения: 05.11.2021).
4. В России изменят законодательство в отношении ГМО. – URL: <https://меркурий-россельхознадзор.рф/блог/В-России-изменят-законодательство-в-о/> (дата обращения: 05.11.2021).
5. *Collins, Tim.* Streetlights could be replaced by glow-in-the-dark trees after scientists create plants that shine like fireflies. – URL: <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-5178531/MIT-creates-bioluminescent-trees-glow-like-fireflies.html> (дата обращения: 26.10.2021).
6. Человек излучает свет и явление биолюминесценции. – URL: <https://www.winstein.org/publ/1-1-0-89> (дата обращения: 12.11.2021).

УДК 330.34

ГРНТИ 06.81.25

О. Л. Симченко, кандидат экономических наук, доцент

simchenko.ol@yandex.ru

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Л. В. Камдина, кандидат экономических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет»

Л. Н. Ахмедова, студент

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Применение концепции системы референчных станций на месторождениях нефтедобывающих предприятий: оценка эффективности

Концепция создания постоянно действующих спутниковых референчных станций возникла сразу же после того, как был выявлен целый ряд существенных недостатков в традиционных методах измерений геодезических работ. В статье исследуется концепция системы референчных станций на месторождениях нефтедобывающих предприятий, представлены состав и схема оборудования системы. Произведена сравнительная оценка затрат на реализацию проектов, а также осуществлен расчет экономического эффекта.

Ключевые слова: референчная станция; спутниковое оборудование; измерения; геодезические работы; эффективность.

Введение

Геодезические работы – это основа проектирования, строительства и эксплуатации любого месторождения. В настоящее время данные работы выполняются преимущественно с помощью спутникового оборудования, а традиционные методы выполнения этих работ имеют ряд особенностей и недостатков,

которые связаны с большим количеством трудоемкости и человеческим фактором. Исходя из этого было принято решение создать альтернативу традиционного метода выполнения геодезических работ, которое могло бы снизить роль этих факторов, а также было бы способно повысить качество и производительность выполнения работ. Данной альтернативой стала система постоянно действующих референцных станций.

Когда выполняются инженерно-геодезические изыскания, одним из условий является то, что необходимо использовать сведения координат ГГС (государственной геодезической сети) или опорной межевой сети, причем не менее трех. Однако существует одна проблема сохранности и охраны территорий, на которых производятся данные работы [1].

Сейчас в России большинство пунктов государственной геодезической сети являются непригодными для эксплуатации в работе, потому что очень часто пункты, которые создаются за счет средств бюджета Федерации, пропадают или просто портятся из-за того, что люди не знают, как они выглядят. В связи с этим было необходимо создать сети постоянно действующих референцных станций.

Целью работы является рассмотрение концепции системы референцных станций на месторождениях нефтедобывающих предприятий, оценка эффективности.

Основные задачи работы:

1. Произвести анализ особенностей использования референцных станций.
2. Рассмотреть оборудование системы референцных станций.
3. Выявить положительные и отрицательные стороны при реализации концепции системы референцных станций.
4. Осуществить расчет экономического эффекта, возникающего при геодезических измерениях с помощью использования базовых станций в сравнении с традиционным методом.

Концепция системы референчных станций на месторождениях нефтедобывающих предприятий: оценка эффективности

Система референчных станций состоит из нескольких конструкций. Они устанавливаются по необходимой схеме на определенной местности. Объединенные коммуникационными каналами данные создают одно единое поле координат. Данные используются для обработки информации [2].

Конструкции референчных станций создают, преследуя главную цель: разработку, которая обеспечивает точное позиционирование объекта в пространстве с минимальной погрешностью, и в дополнение – уменьшение расходов на инженерно-геодезические работы.

Для начала работы необходимо получение разрешения администрации.

После того, как администрация выдает разрешение, можно переходить к следующему этапу – разработке технического проекта. Когда проект полностью готов и согласован, свою работу начинают работники, проводящие рекогносцировочные работы для определения мест установки. В конце проводятся технические испытания и сертификация системы.

Безусловно, в рассматриваемой системе заключается множество преимуществ. Во-первых, создается огромная единая база, в которой возможна работа нескольких пользовательских секторов. Эта огромная сеть управляется одним оператором, причем для этого необходим всего один компьютер. Точность измерений повышается даже вне зависимости от того, насколько сильно отдалена от пунктов базовая станция. Системой может пользоваться неограниченное количество пользователей. Кроме того, уменьшаются затраты на оплату труда, новое оборудование, содержание человеческих и аппаратных ресурсов [3].

Наряду с положительными моментами следует отметить существенные первоначальные вложения на создание системы референчных станций, а также необходимость заложения денежных средств на поддержание и обслуживание технической системы и работы каналов.

В состав оборудования системы референчных станций входят[4]:

– строительная конструкция для установки приемника под базовую станцию; с целью исключения помех в режиме реального времени нужно заранее предусмотреть варианты прокладки кабеля от антенны к приемнику;

– ГНСС-приемник с модемом, непрерывным доступом в интернет и выделенным статическим IP-адресом для непосредственного подключения к нему базового приемника;

– блок постоянного питания, 2 розетки по 220В 50Hz;

– высокоточная антенна приемника;

– молниезащита;

Схема размещения технического оборудования представлена на рисунке.

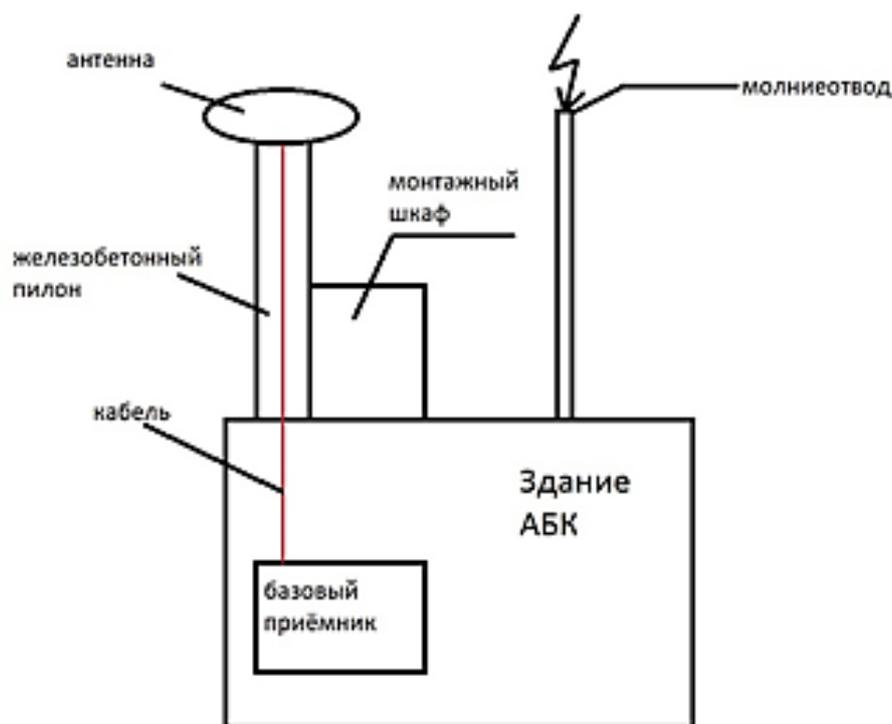


Схема размещения технического оборудования

Далее в исследовании проведем сравнение расчета стоимости работ традиционным методом и при использовании базовых референчных станций для создания съемочного обоснования. Для расчета экономической эффективности проекта применяются следующие постоянные величины:

- 1) стоимость чел/часа в ЗАО «ИННЦ» равная 1060 рублей;
- 2) эталонный объект 3 км, включающий в себя кустовую площадку 6–9 скважин, подводящие к ним коммуникации (электричество, водопровод, нефтепровод, автодорога);
- 3) бригада, состоящая из 2 человек;
- 4) инженерно-геодезические изыскания выполняются бригадой из 4 человек.

Сравнительная оценка затрат на реализацию проекта при обеспечении выполнения измерений традиционным методом и при использовании базовых станций на месторождениях нефтедобывающих предприятий, а также расчет экономического эффекта представлены в таблице.

Сравнительная оценка затрат при традиционном методе и использовании базовых станций при обеспечении выполнения геодезических измерений на месторождениях нефтедобывающих предприятий. Расчет экономического эффекта

Работы	Традиционный метод	При использовании базовых станций	Экономический эффект
Закладка планово-высотных обоснований, руб.	50 880	16 960	33 920
Инженерно-геодезические изыскания, руб.	339 200	271 360	67 840
Вынос в натуру проектных сооружений, руб.	84 800	33 920	50 880
Итого, руб.	474 880	322 240	152 640

Расчеты затрат осуществлены ниже, как в отдельности по работам (закладка планово-высотных обоснований; инженерно-геодезические изыскания, вынос в натуру проектных сооружений), так и в совокупности затрат в целом.

Закладка планово-высотных обоснований

На объект протяженностью 3 км следует заложить 4 пункта планово-высотного обоснования.

Стоимость чел/часа в ЗАО «ИННЦ» равна 1060 руб.

Стоимость работ бригада/час в таком случае рассчитывается:

$$1060 \times 2 = 2120 \text{ руб.}$$

Стоимость работ бригада/день рассчитывается:

$$2120 \times 8 = 16\,960 \text{ руб.}$$

Для выполнения данной работы традиционным методом потребуется 3 дня, следовательно, стоимость работ бригада/3дня составит:

$$16\,960 \times 3 = 50\,880 \text{ руб.}$$

А для выполнения этой же работы, только с использованием базовых референчных станций, потребуется 1 день, следовательно, стоимость работ бригада/день составит:

$$16\,960 \times 1 = 16\,960 \text{ руб.}$$

Инженерно-геодезические изыскания

Для выполнения данной работы бригадой из 4 человек традиционным методом потребуется 10 дней, следовательно, стоимость работ бригада/день составит:

$$1060 \times 4 \times 8 = 33\,920 \text{ руб.},$$

а стоимость работ бригада/10дней составит

$$33\,920 \times 10 = 339\,200 \text{ руб.}$$

Если же выполнять данную работу с использованием базовых референчных станций, то понадобится 8 дней, следовательно, стоимость работ бригада/8 дней составит:

$$33\,920 \times 8 = 271\,360 \text{ руб.}$$

Вынос в натуру проектных сооружений

Для выполнения данной работы традиционным методом потребуется 5 дней. На основе подсчетов стоимость работ бригады из 2 человек составляет 16 960 руб/день.

Следовательно, стоимость работ бригады/5 дней составит

$$16960 \times 5 = 84\,800 \text{ руб.}$$

А для выполнения этой же работы, только с использованием базовых референционных станций, потребуется 2 дня, следовательно, стоимость работ бригады/2 дня составит:

$$16960 \times 2 = 33\,920 \text{ руб.}$$

Из расчетов видно, что экономический эффект при использовании базовых станций с целью обеспечения выполнения геодезических измерений на месторождениях нефтедобывающих предприятий составит 152 640 руб.

Заключение

Экономический эффект от реализации данного проекта составляет 152 640 руб. При этом наиболее значимым при реализации концепции системы референционных станций на месторождениях нефтедобывающих предприятий является экономический эффект абсолютно по всем работам. Так, при использовании базовых референционных станций снижается стоимость закладки планово-высотных обоснований, инженерно-геодезических изысканий, выноса в натуру проектных сооружений.

В результате анализа выявлено, что реализация представленной концепции уменьшит затраты на полевые работы по развитию опорной сети и закладки геодезических пунктов, исключит расходы на периодическую транспортировку к временной базовой станции и обратно, нахождения на ней охраны (число пользователей системы неограниченно). Повысится производительность труда полевых работ с возможностью выполнения разбивочных работ в режиме *РТК* (реального времени), а также выполнение геодезических работ в период строительства объектов.

Список литературы

1. Отбор оптимального портфеля проектов развития и повышения конкурентоспособности производственного комплекса / В. В. Криворотов [и др.] // Проблемы развития территории. – 2018. – № 2(94). – С. 27–46.

2. О модернизации государственной нивелирной сети Республики Казахстан / В. К. Андреев [и др.] // Геопрофи. – 2013. – № 3.

3. *Криворотов, В. В.* Методический подход и результаты исследования конкурентоспособности территориально-производственных комплексов / В. В. Криворотов, А. В. Калина, А. Ю. Байраншин // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2012. – № 3. – С. 49–56.

4. О надежности сетей постоянно действующих базовых станций / К. М. Антонович [и др.] // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № S4. – С. 30–36.

УДК 681.883.9

ГРНТИ 59.39.35

А. С. Тугбаева, магистрант

anastasia_tugbaeva@mail.ru

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

В. Н. Милич, кандидат технических наук

mili@udman.ru

ФТИ УдмФИЦ УрО РАН

Метод периодограммного анализа в отраженных гидроакустических сигналах

На сегодняшний день и в течение нескольких десятилетий исследование гидросферы привлекает к себе большой интерес. Основным фактором является необходимость мониторинга подводной среды и сбора информации о находящихся в ней объектах. Необходимостью разработки систем подводного видения является интенсивное развитие акваторий, которые нуждаются в освоении. Подводная среда в силу высоких давлений и ограниченных возможностей для прохождения электромагнитных волн непригодна для деятельности человека и может интенсивно осваиваться только с использованием автономных необитаемых подводных аппаратов, которые должны быть оснащены системами подводного видения (СПВ). Целью работы является анализ методов, позволяющих находить скрытые закономерности в отраженных гидроакустических сигналах и, как следствие, способствующих повышению эффективности функционирования СПВ применительно к задаче обнаружения и различения подводных объектов. Цель достигается путем оценки параметров периодограммы, позволяющих различать объекты по отраженному ими гидроакустическому сигналу.

Ключевые слова: гидроакустика; подводный объект; гидроакустический эхосигнал; искусственный интеллект; анализ периодограмм.

Введение

Настоящей методикой данной работы является эхолокация подводных объектов с целью их обнаружения, координирования и распознавания. Такой метод является основным средством, используемым в целях исследования подводной среды [1]. Существует множество алгоритмов обработки гидроакустических сигналов, применяемых в различных целях. Данная работа посвящена теме распознавания. В рассмотрение взят метод периодограмм А. Шустера, реализация которого представлена в среде *R-Studio* на языке программирования *R*. Под периодограммой понимается оценка спектральной плотности мощности (СПМ) на основе вычисления квадрата модуля преобразования Фурье последовательности данных [2]. Приведены описания метода, имеющие данные цели обработки эхосигналов для образного восприятия сути проблемы и визуального сравнения.

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 закономерностей в отраженных гидроакустических сигналах. Разработка методики оценки вклада в эффективность СПВ предлагаемых (имеющихся) методов.

Новизна работы заключается как в выбранном методе исследования закономерностей, так и в общих положениях, 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 может быть использован в различных сферах и целях. Теоретическая значимость результатов исследования заключается в развитии математических методов описания отра-

женного 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 использованы количественные и эмпирические методы исследования. На основе полученных результатов проводится визуальный сравнительный анализ с имеющимися применением методами распознавания объектов в подводной среде.

Основная часть

Схема экспериментальной установки: бассейн оснащен излучателем, подающим гидроакустические колебания на исследуемый объект. Под водой расположен приемник, на который поступает отраженный гидроакустический сигнал от объекта. Объекты, которые поддавались исследованию, представлены на рис. 1.

А. Шустером было предложено использование усреднения значений периодограммы S_h , которые были получены для различных отрезков последовательности данных (период T является фиксированным), что служит источником сглаживания периодограммы и ликвидации ложных пиков [3]. Данный метод основан на схеме Бюй – Балло, которая в общем случае может быть применима практически в любой задаче.



Рис. 1. Исследуемые объекты

Во-первых, из опыта определить коэффициенты Фурье A_k и B_k для иско-
мой 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.

Применим алгоритм для объектов 1, 2, 3. Результаты построения эхосигналов, периодограмм по полученным значениям представлены на рис. 2–4, в таблице. Красным цветом обозначены эхосигналы, полученные в результате опыта с применением экспериментальной установки, а черным – периодограммы, соответствующие им. Визуально видны различия между графиками – результат сглаживания эхосигнала. В качестве основных характеристик для оценки периодограммы были взяты максимальное значение квадрата огибающей, амплитуда, фаза сигнала.

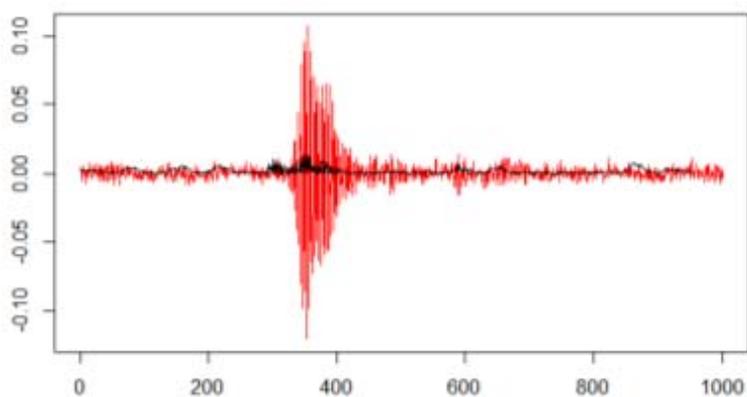


Рис. 2. Эхосигнал и периодограмма объекта 1

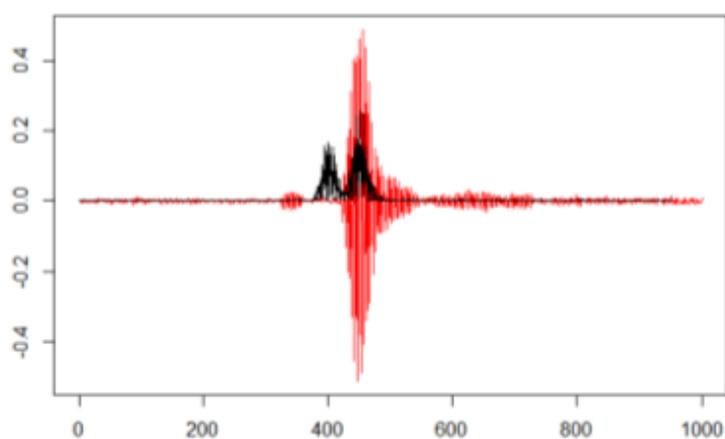


Рис. 3. Эхосигнал и периодограмма объекта 2

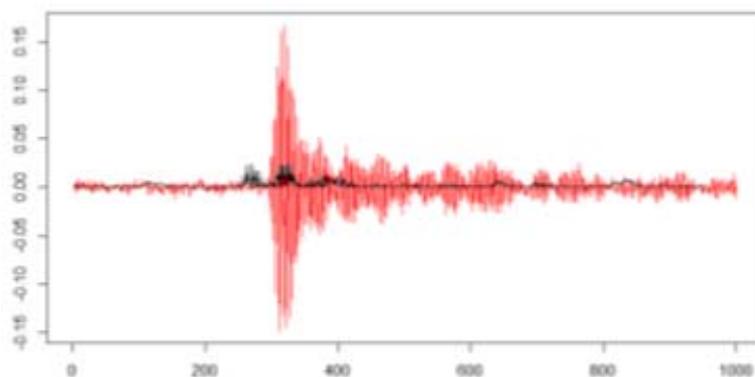


Рис. 4. Эхосигнал и периодограмма объекта 3

Значения характеристик периодограмм

Наименование	Sh_{\max}	$AMP = \sqrt{A_k^2 + B_k^2}$	$tg\varphi_0 = \frac{A_k}{B_k}$
Объект 1	0,1336688	0,01273342	4,438175e-11
Объект 2	0,2623113	0,04373426	1,269271e12
Объект 3	0,0246549	0,005166524	-2,832367-e11

Заключение

В ходе работы был применен метод А. Шустера, позволяющий получить периодограмму по искомому эхосигналу. Данная процедура позволяет оценить характеристики периодограммы. Установлено, что характеристики периодограммы являются уникальными параметрами. Следовательно, их различие позволяет оценить не только периодограммы, а также их искомые эхосигналы и выдвинуть гипотезы о характеристиках исследуемого объекта. На трех примерах значения являются отличными друг от друга, что свидетельствует о различии рассматриваемых периодограмм, следовательно, эхосигналов и объектов. Для решения общей задачи с целью выявления закономерностей необходимо исследовать большую выборку экспериментальных данных.

Список литературы

1. Гидроакустическая техника исследования и освоения океана / А. В. Богородский [и др.]. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
2. *Серебренников, М. Г.* Выявление скрытых периодичностей / М. Г. Серебренников, А. А. Первозванский. – Москва : Наука, 1965. – 244 с.
3. *Карбанов, И. В.* Алгоритмы обработки гидроакустических сигналов / И. В. Карбанов, А. С. Миронов. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2018. – С. 32–44.

УДК 82.01.85

ГРНТИ 76.13.99

С. Р. Чурина, студент

s1-churina@mail.ru

У. В. Соломенникова, студент

solomennikova_ulyana@mail.ru

Э. В. Алиев, кандидат технических наук, доцент

kompetencii@gmail.com

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Система фармацевтической логистики

В начале 2020 г. человечество столкнулось с коронавирусной инфекцией, которая обрекла людей больше переживать за свое здоровье. По этой причине значимость предлагаемого проекта видится в защите жизней граждан. Использование системы сведет количество походов в аптеки к минимуму для минимизации риска заражения вредоносными вирусами. Проведенные исследования доказывают, что проект не потеряет свою актуальность в любое время. Предлагаемая система работает следующим образом: владелец аптечки Smart-box [1] имеет возможность обслуживать бокс в инновационной аптеке, где, помимо технической проверки работоспособности прибора, проведут актуализацию лекарственных средств внутри аппарата.

Все манипуляции будут проводиться с согласия пользователя, которое система будет получать через телефон.

Ключевые слова: аптека; логистика; фармацевтика; домашняя аптечка; лекарство.

Введение

Лекарства, средства личной гигиены – это товары, пользующиеся стабильным и высоким спросом. Данные виды товаров можно встретить не только в магазинах, но и в аптечных пунктах. Динамика роста фармацевтического биз-

неса за прошедший год составила 9,8 %, что объясняется текущей сложной эпидемиологической обстановкой [2].

Тенденции 2020 г., которые продолжают влиять и на современную экономику, – непрерывный рост цен на лекарственные препараты. Это связано с паникой, возникшей вследствие карантина, и желанием людей закупить лекарства впрок. Люди боятся ходить по больницам и аптекам. Возникает проблема необходимости контроля за сроками годности излишних лекарственных препаратов [3].

Техническим решением данной проблемы является автоматизация контроля за домашней аптечкой. Данное решение поможет не только контролировать состояние лекарственных препаратов, но и снизить количество посетителей в аптеках благодаря введенной системе логистики.

Для определения социальной значимости данной системы был проведен опрос разных возрастных групп. Исследование показало, что у 54 % респондентов имеются лекарственные средства, срок годности которых составляет менее трех месяцев, а у 30 % опрошенных в аптечке оказались просроченные препараты. Это доказывает, что людям недостаточно временных ресурсов для качественного отслеживания состояния своей аптечки и есть риск употребления просроченной продукции.

Основная часть

Основа будущей системы фармацевтической логистики – аптечка Smart-box [1]. Устройство выглядит как ящик с несколькими этажами, отсеками для систематизированного хранения лекарств. Преимущество хранения медикаментов в данном боксе – это ячейки, оснащенные пружинным механизмом. При выкладке препарата в отсек программа видит, что ячейка заполнена и подсвечивает ее определенным цветом (рис. 1).

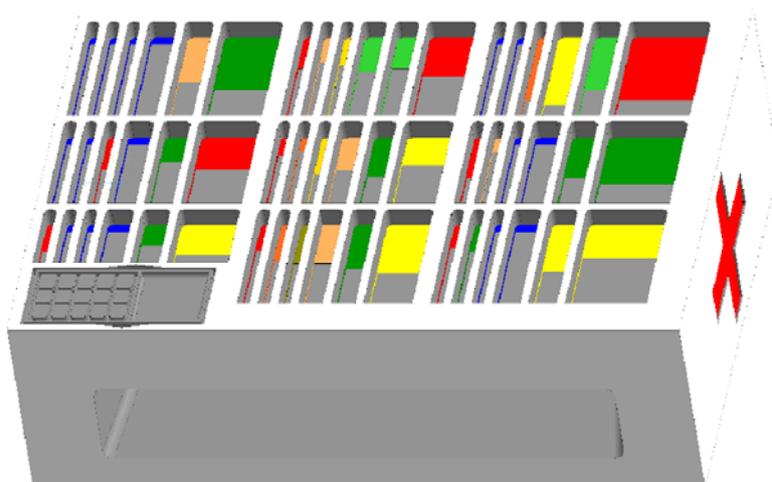


Рис. 1. Модель аптечки Smart-box

Для того чтобы узнать, когда истекает срок годности препарата, достаточно визуально проконтролировать цвет соответствующей ячейки. Красный – срок годности подходит к концу; желтый, зеленый – в пределах допустимого. Синий цвет свидетельствует о том, что мы сознательно проигнорировали требования о введении предельного срока годности данного препарата во время закладки его в аптечку-органайзер.

Помимо этого, имеются экран на крышке ящика, на котором можно увидеть, когда истекает срок годности у определенного препарата.

Аптечка Smart-box раз в три месяца направляет сигнал системе о необходимости планового обслуживания. В аптеке обрабатывают запрос и отправляют сообщение пользователю о возможных датах, когда может выехать курьер. После согласования времени и даты курьер приезжает, забирает бокс и отвозит его в аптечный пункт на диагностику.

На рис. 2 изображена схема рабочего места аптекаря, занимающегося обслуживанием аптечки Smart-box. Его задача расположить бокс в специальном окне, где происходит бесконтактное соединение с системой технического обслуживания аптеки. Проводится диагностика прибора на предмет сбоев и поломок. По завершении операции отчет приходит в обслуживающую компанию. При программной неисправности специалисты устраняют ее удаленно, при бо-

лее серьезных проблемах происходит замена бокса на подменный, а сломанный Smart-box увозят на сервисное обслуживание. Там проводится диагностика характера неисправности, при обнаружении гарантийного случая прибор чинят или заменяют на новый за счет предприятия.

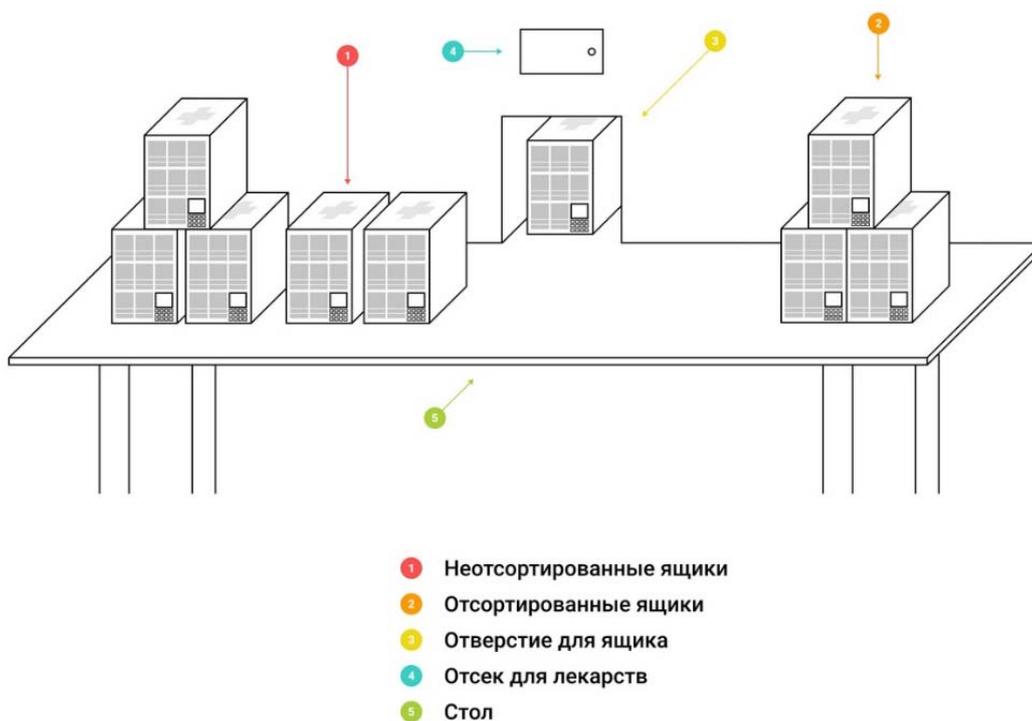


Рис. 2. Схема рабочего места аптекаря

По окончании диагностики, исправный бокс запрашивает в системе аптеки необходимые ему лекарства, и робот-фармацевт складывает их в отсек, находящийся над боксом. Одновременно по беспроводной сети обновляется информация о лекарствах внутри бокса. После обновления базы данных прибора система подает сигнал работнику аптеки о том, что лекарства необходимо разложить по ячейкам [4].

Фармацевт раскладывает препараты и готовый Smart-box передает для отправки к пользователю.

При возникновении необходимости в срочном порядке приобрести лекарство пользователь может указать в боксе необходимый препарат, и его доставят этим же вечером.

С согласия пользователя аптечка smart-box имеет подключение к базе данных медицинских учреждений для обработки электронных рецептов. При назначении лекарства система сравнивает наличие имеющихся препаратов в smart-box с прописанными. При необходимости она отправляет запрос на подтверждение покупки недостающих лекарственных средств. Если в аптеке нет назначенного препарата, то система подбирает аналоги по действующему компоненту. После подтверждения проводится операция покупки, и курьер доставляет заказ в указанное пользователем место.

Для полноценной работы предлагаемой системы подойдут аптеки нового формата, которые на данный момент есть только в крупных городах России. В таких аптеках большая часть операций автоматизирована. Так, например, раскладка препаратов по ячейкам склада выполняется роботом: он считывает QR-код, в который внесена вся информация о лекарстве, в том числе, срок годности. Подача лекарств со склада осуществляется также автоматически [5].

Заключение

В условиях пандемии предлагаемая система является неотъемлемой частью будущего развития системы фармацевтической логистики, людям нет необходимости посещать аптеки, следовательно, контакты с другими людьми сведены к минимуму. Автоматизация содержания домашней аптечки приведет к высвобождению личного времени клиентов, к уменьшению затрат на содержание фармакологии, оптимизации городского пространства. Кроме того, можно смело утверждать, что подобный формат обслуживания соответствует передовым тенденциям цифровизации и современного развития отраслей народного хозяйства.

Список литературы

1. Чурина, С. Р. Аптечка Smart-Box // Выставка инноваций – 2021 (весенняя сессия) / С. Р. Чурина, У. В. Соломенникова, Э. В. Алиев. – Ижевск : Издательство УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2021. – С. 162–164.

2. Обзор и поиск оптимальных регуляторов развития фармацевтического рынка в России / А. К. Брель [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 12. – С. 65–70.

3. Бурак, Л. Ч. Озоновая технология как способ сохранения пищевых продуктов / Л. Ч. Бурак, А. Н. Сапач // VIII Междунар. научно-практическая конференция «Вопросы развития современной науки и техники». – 2021. – № 5. – С. 42–76.

4. Риски фармацевтической деятельности и профессиональная ответственность фармацевтического персонала / Е. В. Шаленкова [и др.] // Ремедиум. – 2017. – № 10. – С. 55.

5. Краус, Н. Н. Какие изменения несет в себе «индустрия 4.0» для экономики и производства? / Н. Н. Краус, Е. Н. Краус // Формирование рыночных отношений в Украине. – 2018. – № 9 (208). – С. 128–195.

Содержание

<i>Абрамова А. А., Непогодин А. М., Астраханцева Е. В., Таскаев М. В.</i> Адаптация био-реакторов SBR под климатические условия России	3
<i>Баранова Н. А., Муфтахутдинова З. Р.</i> Окупаемость работы теплоутилизаторов в системе вентиляции	12
<i>Бердников А. У., Куприянов Е. П., Данилова А. А.</i> Добавление светоотражающих элементов в состав ремней безопасности в автомобиле	19
<i>Воробьев К. А., Ложкин Ю. В.</i> Использование технологии 3D-печати в изготовлении сувенирной продукции	25
<i>Голубев Д. Р., Алиев Э. В.</i> Конструктивные особенности выдвижных лестниц, определяющие целесообразность их использования	34
<i>Гусаров И. Е., Калугин А. И.</i> Призмный дефлектор лазерного сканера	39
<i>Добрякова Ю. В., Лебедева А. А., Попов Д. Н.</i> Анализ причин повреждений коммунальных сетей и методы оценки остаточного ресурса	48
<i>Жижина Я. В., Берестова В. С., Васильева Н. Н.</i> Разработка браслета-автопилота для слепых и слабовидящих людей	56
<i>Звонарев И. С., Караваев Ю. Л.</i> Анализ систем управления мобильных роботов с элементами интеллектуального управления	62
<i>Земсков Т. И.</i> Оценка точности определения скорости акустических волн импульсным методом	68
<i>Катянов Е. И.</i> Мобильное приложение для обучения игре на музыкальном инструменте («Гитара»)	73
<i>Клюев А. А., Орефков И. В.</i> Обследование инфракрасным излучением зданий с помощью беспилотных летательных аппаратов	82
<i>Красавина Ю. В., Зонина Я. В., Кузьмин И. А.</i> Разработка образовательных видеороликов по английскому языку для обучения студентов с нарушением слуха	92
<i>Лебедева Н. А., Черных М. М., Останина П. А.</i> Разработка дизайна и конструкции корпусного рабочего стола в стиле лофт	98
<i>Евсеев Т. М., Мокроусов М. Н.</i> Исследование алгоритма LDA в задаче тематического моделирования на примере новостной ленты социальной сети	105
<i>Морозов А. В., Сибгатуллин Б. И.</i> Контроль качества полимерного электролита	114
<i>Симонова М. Ю., Останина П. А.</i> Разработка дизайна детской игрушки для слабовидящих и слепых детей с использованием фактур	119
<i>Прошляков П. О., Хатбуллин Р. А., Сапегин А. Ю.</i> Оценка влияния мощности вентилятора охлаждения на допустимый выходной ток преобразователя частоты	126
<i>Рыбакова Ю. А., Данилова А. А.</i> Биоллюминесцентные деревья для освещения улиц	134
<i>Симченко О. Л., Камдина Л. В., Ахмедова Л. Н.</i> Применение концепции системы референсных станций на месторождениях нефтедобывающих предприятий: оценка эффективности	141
<i>Тугбаева А. С., Милич В. Н.</i> Метод периодограммного анализа в отраженных гидроакустических сигналах	149
<i>Чурина С. Р., Соломенникова У. В., Алиев Э. В.</i> Система фармацевтической логистики	156

Электронное научное издание

ВЫСТАВКА ИННОВАЦИЙ – 2021 (осенняя сессия)

Сборник материалов XXXII Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов
(Ижевск, 18 ноября 2021 г.)

Адрес в информационно-телекоммуникационной сети

Дата размещения на сайте:

В редакции авторов

Технический редактор *С. В. Звягинцова*
Корректор *Н. К. Швиндт*
Верстка *С. В. Петуховой*
Дизайн обложки *Е. А. Рябичевой*

Подписано к использованию 22.12.2021. Уч.-изд. л. 5,33. Объем 14,2 Мб. Заказ № 236

Издательство управления информационных ресурсов Ижевского государственного технического университета
имени М. Т. Калашникова. 426069, Ижевск, Студенческая, 7