

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ОТРАСЛИ**

**Сборник научных трудов**

**Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2024**

Редакционная коллегия:

Н. Л. Великанов (отв. редактор, зав. Кафедрой СМТ ФГБОУ ВО «КГТУ»),  
Е. С. Землякова (отв. секретарь, доцент ФГБОУ ВО «КГТУ»),  
Р. А. Шестаков (доцент, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина).

Рецензенты:

доктор технических наук, доцент, директор института морских технологий,  
энергетики и строительства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет» И. С. Александров  
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой теории механизмов  
и машин и деталей машин ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет» С. В. Федоров

Актуальные вопросы инженерной отрасли: сборник научных трудов. – Ка-  
лининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2024. – 73 с.  
ISBN 978-5-94826-715-9

В сборнике представлены результаты исследований преподавателей, сот-  
рудников и магистрантов университетов по различным направлениям инженерной  
отрасли, за последние годы.

В сборник входят статьи с теоретическими и экспериментальными реше-  
ниями широкого спектра задач, связанных с инженерно-техническими пробле-  
мами электроэнергетики, строительства, судостроения и др.

Сборник научных статей предназначен для научных сотрудников, инжене-  
ров, преподавателей высших и средних специальных учебных заведений, аспи-  
рантов и студентов, связанных с широким кругом инженерных задач.

Рис. 42, табл. 8, список лит. – 53 наименования

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
Халилов А. С., Князьков В. В. Проектирование многофункционального аварийно-спасательного буксирного судна для Баренцева моря.....	5
Костенко В. А., Кажекин И. Е. Результаты моделирования защит от однофазных замыканий на землю в программной среде SimInTech.....	15
Уромичев И. С., Хомякова И. В. Актуальные проблемы технического обследования несущих конструкций монолитных зданий и сооружений XXI века.....	25
Савченкова А. И. Современные методы реконструкции газопроводов в труднодоступных местах.....	33
Демишкевич Е. А., Кундалевич А. А., Зюбин А. Ю., Цибульникова А. В., Землякова Е. С., Сухих С. А., Бабич О. О., Самусев И. Г. Исследование влияния спиртового экстракта <i>Viburnum opulus L.</i> на клетки E.Coli методом комбинационного рассеяния света.....	40
Михеев Д. А., Кочнев Ю. А., Роннов Е. П. Анализ динамики уровня комфортабельности пассажирских судов внутреннего плавания.....	47
Яблонский Н. И., Землякова Е. С. Изучение возможности использования порошков из соцветий растений рода <i>TAGETES L.</i> в качестве источника каротиноидов.....	55
Магасумов М. А., Снытников А. В. Прогнозирование электропотребления на участке распределительной сети 0,4 кВ поселка Большое Исаково.....	63

## **ВВЕДЕНИЕ**

Инженерное дело является основой развития промышленного комплекса. Расширение технических возможностей и наращивание мощностей промышленного производства связано с проведением научных исследований в области технических наук. Результаты современных исследований находят свое применение во многих отраслях экономики, особенно в промышленности, сельском хозяйстве и строительстве.

В сборнике представлены результаты исследований преподавателей, сотрудников и магистрантов университетов по различным направлениям инженерной отрасли за последние годы.

Исследованы актуальные вопросы природообустройства и водопользования, кораблестроения, строительства, энергетики и пищевых технологий.

УДК 627.133.5

ГРНТИ 37.27.15

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО БУКСИРНОГО СУДНА ДЛЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

А. С. Халилов, В. В. Князьков

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», г. Нижний Новгород, Минина, 24, Россия; [nntu@nntu.ru](mailto:nntu@nntu.ru)

*многофункциональное судно, буксир, проектирование судна, оптимизационная задача, 3D-моделирование*

### **Введение**

Северный морской путь имеет очень важное значение для экономики России, так как объём грузоперевозок увеличивается с каждым годом. Для обеспечения безопасности судоходства в акватории Северного морского пути возникает необходимость строительства аварийно-спасательного флота.

Обновление аварийно-спасательного флота в целях повышения безопасности мореплавания, а также строительство и модернизация поисково-спасательных судов для морских аварийно-спасательных служб (АСС) и аварийно-спасательных формирований федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ) являются приоритетными направлениями развития морского транспорта и системы поисково-спасательного обеспечения (ПСО) морской деятельности, определенные Морской доктриной РФ.

Основными задачами ПСО на море, которые решают спасательные суда (СС), являются:

- поиск и спасение людей, терпящих бедствие на воде;

- эвакуация людей с аварийных объектов и оказание им медицинской помощи;
- оказание помощи, терпящим бедствие судам и другим аварийным объектам (поддержание на плаву, буксировка, снятие с мели, тушение пожаров, передача аварийно-спасательных средств, грузов и др.);
- подъем затонувших судов и подводных объектов, представляющих навигационную опасность и угрозу загрязнения окружающей среды;
- ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (ЛАРН);
- выполнение водолазных, подводно-технических работ и др. [1].

Поэтому проектирование спасательных судов является несомненно актуальным.

Одной из ведущих тенденцией развития СС является *создание многофункциональных судов*. Эти суда обеспечены всем необходимым аварийно-спасательным имуществом и оборудованием для решения всего комплекса задач ПСО на море.

Еще одна важна тенденция развития СС – *увеличение многообразия номенклатуры судов АСС*, что ведет к увеличению многообразия типов судов даже в пределах одного класса. Планом развития инфраструктуры Северного морского пути на период до 2035 года и другими программами предусмотрено создание буксиров-спасателей, морских буксиров, пожарно-буксирных судов и прочих типов. Например, буксир-спасатель «Бахтемир» проекта MPSV12 (рисунок 1).

Относительно новой для России является тенденция *создания судов тылового, ледокольного и другого назначения с некоторыми задачами ПСО*. Например, эскизный проект буксира ледового класса NE060 (рисунок 2) [1].



Рисунок 1 – Буксир-спасатель проекта MPSV12



Рисунок 2 – Буксир ледового класса NE060

## 1 Выбор основных характеристик многофункционального АСС

Спроектировано судно по техническому заданию (ТЗ) со следующими характеристиками:

- класс судна – КМ ⊗ Arc4 [1] R2 AUT1 EPP FF3WS Salvage ship Tug;
- мощность  $N$  – 3000 кВт;
- скорость  $v$  – 12 узлов;
- численность экипажа  $n_{\text{э}}$  – 8 чел.;
- автономность плавания  $A$  – 8 сут.

На основании анализа ледового класса и назначения судна, сделан вывод о возможности его эксплуатации в Баренцевом море.

Проектирование велось в следующей последовательности.

В качестве прототипа принят буксир-кантовщик проекта 22440 класса РМРС КМ ⊗ Arc4 R3 AUT1 FF2WS Tug (рисунок 3).

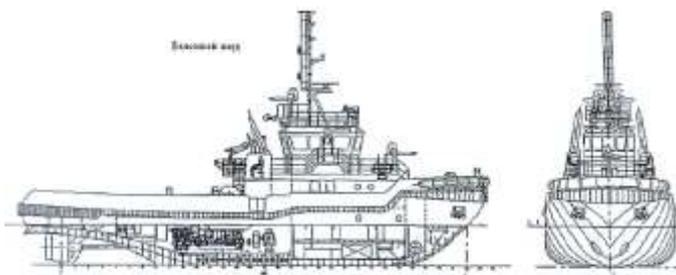


Рисунок 3 – Буксир-кантовщик проекта 22440 [2]

Водоизмещение судна  $D$  определено из уравнения нагрузки масс [3]. Исходными данными являются измерители масс судна и характеристики по ТЗ. По результатам расчета водоизмещение в полном грузу  $D$  составило 732,53 т, порожнем  $D_0$  – 556,51 т, а дедвейт  $DW$  – 176,01 т.

При выборе основных элементов судна была решена оптимизационная задача с использованием следующих прототипов: MPSV 07 (рисунок 4), 00440 (рисунок 5), 22870 (рисунок 6), TG19 (рисунок 7). Оптимальные главные размерения были вычислены методом прямого перебора с учетом удовлетворительных мореходных качеств.



Рисунок 4 – Многофункциональное АСС проекта MPSV 07



Рисунок 5 – Морской буксир проекта 00440



Рисунок 6 – Спасательное буксирное судно проекта 22870



Рисунок 7 – Многофункциональный буксир проекта TG19

Для рассчитанного водоизмещения было получено 64 варианта главных размерений. Ограничениями являются минимальная осадка  $T_{min}$ , минимальная

длина  $L_{min}$  [3] и период бортовой качки  $\tau$ . Важное мореходное качество для буксиров – остойчивость, поэтому критерием выбора оптимального варианта является поперечная метацентрическая высота  $h$ .

По результатам расчетов получены следующие главные размерения: длина  $L=29,59$  м; ширина  $B=10,85$  м; осадка  $T=3,71$  м; высота борта  $H=5,50$  м; коэффициент общей полноты  $\delta=0,60$ ; коэффициент полноты конструктивной ватерлинии (КВЛ)  $\alpha=0,75$ ;  $L/B=2,73$ ;  $B/T=2,93$ ;  $H/T=1,48$ .

Выбранные размерения судов удовлетворяют Правилам о грузовой марке [4]. Высота надводного борта  $F$  составила 1800 мм.

## 2 Моделирование поверхности корпуса

Моделирование судовой поверхности многофункционального АСС выполняется с помощью САПР SolidWorks [3]. За основу проектирования взят многоцелевой буксир-спасатель проекта ПС-45 класса КМ ⊗ Arc5 [1] AUT1 FF2WS Tug Salvage Ship.

Судно удовлетворяет требованиям РМРС Часть II «Корпус» [5] по следующим характеристикам: угол наклона форштевня  $\varphi=53^\circ$  ( $\varphi_{max}=60^\circ$ ); угол наклона КВЛ  $\alpha_0=16^\circ$  ( $\alpha_0^{max}=40^\circ$ ). Результат построения модели представлен на рисунке 8. По построенной модели теоретического корпуса судна вычислены абсцисса центра величины (ЦВ)  $x_c=0,79$  м и аппликата ЦВ  $z_c=2,15$  м (рисунок 9).



Рисунок 8 – Модель теоретического корпуса судна

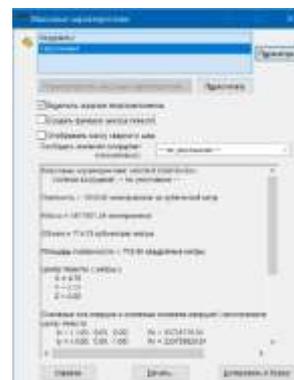


Рисунок 9 – Расчет ЦВ

Построение теоретического чертежа в 3D позволяет оценить судовую поверхность наиболее наглядным образом, чем в 2D, а также автоматически получить ЦВ судна без дополнительного расчета. Имеется возможность получить всевозможные сечения по данному корпусу. На базе данной модели получен теоретический чертеж судна с помощью проекционных кривых. Его дальнейшее оформление производится в САПР AutoCAD.

### **3 Разработка общего расположения**

Разработка эскиза общего расположения начинается с деления судна на отсеки. Практическая шпация по всей длине судна составляет 0,6 м (по Правилам РМРС [5]). Началом отсчета практических шпангоутов является носовой перпендикуляр, который находится на пересечении диаметрального батокса и КВЛ.

Ориентируясь на судно-прототип, в моем проекте предусмотрены следующие помещения: форпик (с 0 по 3 шпангоут (шп.), длина которого составляет 1,8 м); помещение под подруливающее устройство (ПУ) (с 3 по 8 шп., длина которого составляет 3 м); помещение для подготовки питьевой воды, запасов пресной воды и сточных вод (с 8 по 18 шп., длина которого составляет 6 м); МО занимает большую часть из всех помещений (с 19 по 37 шп., длина которого составляет 10,8 м); коффердам, для того чтобы исключить просачивание газов из цистерн топлива и масла (с 18 по 19 шп.); помещение под винто-рулевой комплекс (ВРК) (с 37 по 46 шп., длина которого составляет 5,4 м); ахтерпик (с 46 шп., длина которого составляет 2 м).

На каждом шпангоуте устанавливается флор, высота которого в диаметральной плоскости составляет 0,6 м (по правилам РМРС [4]). Ориентируясь на прототип, на судне предусмотрена платформа, находящаяся на высоте 3,20 м, и отсутствуют двойные борта.

На судне предусмотрены следующие цистерны: две цистерны запаса топлива (объем 118,7 м<sup>3</sup>); две сточные цистерны топлива (объем 18,4 м<sup>3</sup>); две расходные цистерны топлива (объем 18,4 м<sup>3</sup>); две масляные цистерны (объем

5,5 м<sup>3</sup>); две цистерны подготовки питьевой воды (4,9 м<sup>3</sup>); две цистерны нефтесодержащих вод (объем 18,8 м<sup>3</sup>); две цистерны пресной воды (объем 9,6 м<sup>3</sup>); две цистерны сточных вод (объем 9,6 м<sup>3</sup>).

Моделирование поперечных межотсечных переборок, платформы и цистерн производится на базе модели теоретического корпуса судна в САПР SolidWorks (рисунок 10).

Данный подход позволяет более натурально оценить вместимость судовых помещений и возможность размещения тех или иных цистерн. Также с помощью представленной модели получены плечи для нагрузки масс всех предусмотренных цистерн на данном проекте.

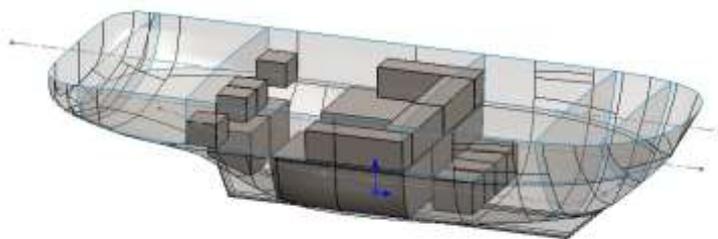


Рисунок 10 – Модель общего расположения судна

#### **4 Расчеты статики в САПР SolidWorks**

##### *Расчет гидродинамических элементов судна*

С помощью 3D-модели можно достаточно быстро и эффективно определить гидродинамические элементы судна [6]. Порядок расчета ведётся в следующей последовательности. Сначала отсекается часть судна, находящаяся выше рассматриваемой ватерлинии (ВЛ), для получения твердого тела. Например, отсекая надводную часть судна по КВЛ, получаем абсциссу ЦВ  $x_c=0,78$  м, аппликату ЦВ  $z_c=2,20$  м. Затем определяем характеристики КВЛ, а именно: площадь  $S=287,2$  м<sup>2</sup>, абсциссу ЦТ  $x_f=-0,73$  м, моменты инерции  $I_x=2478$  м<sup>4</sup>,  $I_y=17931$  м<sup>4</sup> (рисунок 11). Аналогичным образом поступают с остальными ВЛ.

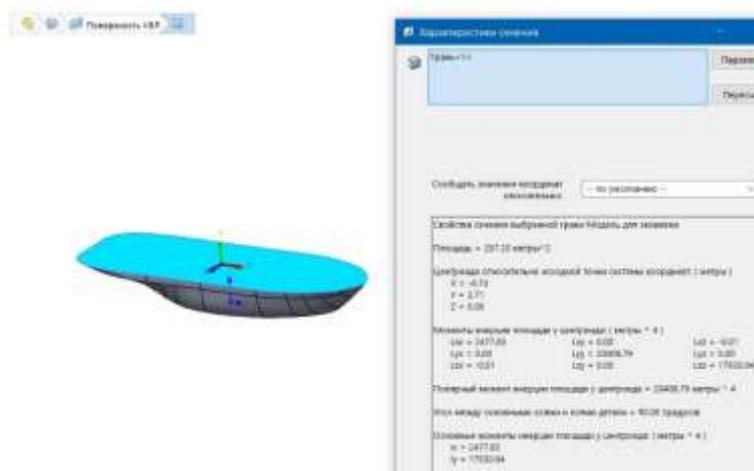


Рисунок 11 – Характеристики КВЛ

### Расчет непотопляемости

Также с помощью 3D-модели производится расчет методом постоянного водоизмещения для МО [6]. Определение гидростатических элементов судна показано выше. Для определения осадок носом  $T_N$  и кормой  $T_K$  вычислены характеристики отсека МО, а именно: абсцисса ЦТ  $x = -1,25$  м, аппликата ЦТ  $z = 2,09$  м (рисунок 12), площадь КВЛ в отсеке  $s = 116$  м<sup>2</sup>, абсцисса ЦТ КВЛ в отсеке  $a = -2$  м, моменты инерции КВЛ в отсеке  $i_x = 1102$  м<sup>4</sup>,  $i_y = 1123$  м<sup>4</sup> (рисунок 13).

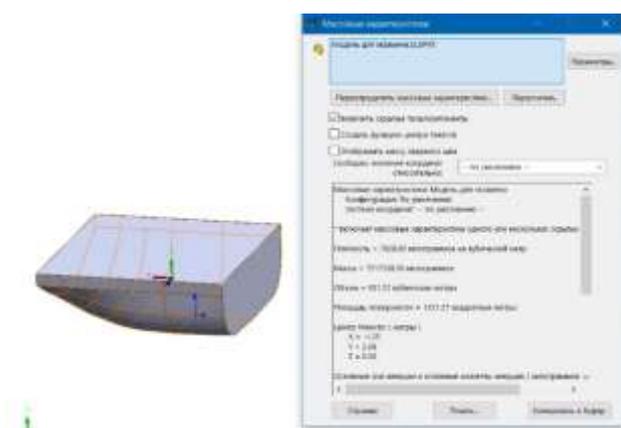


Рисунок 12 – Характеристики отсека МО

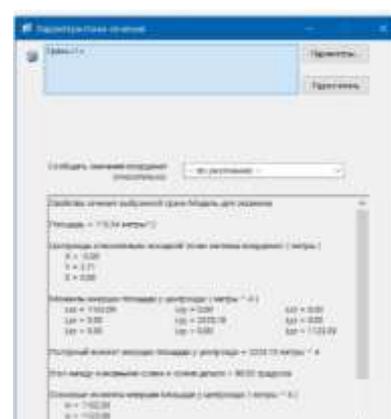


Рисунок 13 – Характеристики КВЛ в отсеке МО

По результатам расчетов получаем: осадка носом  $T_N = 4,27$  м, осадка кормой  $T_K = 4,88$  м (рисунок 14). Таким образом, аварийная ватерлиния не проходит выше

пределной линии погружения. Удифферентовка судна выполняется на следующем этапе проектирования.

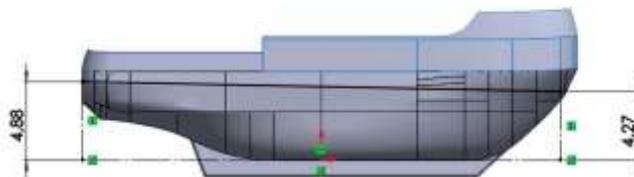


Рисунок 14 – Аварийная ватерлиния

Выполненные расчеты удовлетворяют требованиям Правил [5].

### Заключение

При выборе соотношений главных размерений для решения оптимизационной задачи необходимо руководствоваться новыми проектами построенных судов, так как это помогает соответствовать современным тенденциям при проектировании. Данный алгоритм проектирования многофункционального АСС с применением 3D-технологий помогает наиболее эффективно и быстро оценить мореходные качества судна, а также с её помощью произвести необходимые расчеты по требованиям Правил РМРС.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин, В. С. О классификации спасательных судов / В. С. Никитин, В. Н. Илюхин // Судостроение. – 2023. – № 3. – С. 11–17 (дата обращения 22.11.2023).
2. Мацкевич, В. А. Практическое проектирование транспортных судов: в 2 ч. / В. А. Мацкевич, А. В. Мацкевич. – Москва: ООО «Издательский дом Недра», 2015. – Ч. 1. – 194 с.
3. Князьков, В. В. Определение основных элементов водоизмещающих судов: учеб. пособие / В. В. Князьков; Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2023. – 168 с.

4. Правила о грузовой марке морских судов. Российский Морской Регистр Судоходства. – Санкт-Петербург, 2023.

5. Корпус. Российский Морской Регистр Судоходства. – Санкт-Петербург, 2023.

6. Князьков, В. В. SolidWorks Проектирование судов: учеб. пособие / В. В. Князьков; Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2018. – 228 с.

## DESIGN OF A MULTIFUNCTIONAL SALVAGE TUG SHIP FOR THE BARENTS SEA

A. S. Khalilov, V. V. Knyazkov

Presented is an algorithm for determining the main elements of a multifunctional salvage tug ship, namely, determining the displacement, solution of the optimization problem for selection of the main dimensions of the vessel and verification of the requirements of the Russian Maritime Register of Shipping. A theoretical surface of the ship's hull is developed by 3D modeling to allow the tanks accommodation and calculation of the necessary load data. Calculation of hydrostatic curves and floodability has been carried out. The use of 3D modeling speeds up the design process as compared to 2D drawings, and also the solution of the optimization task allows to analyze the sea-keeping performance of the vessel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАЩИТ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ SIMINTECH

В. А. Костенко, И. Е. Кажекин

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1, Россия; kostenko.va@yandex.ru

*однофазные замыкания на землю, защита от однофазных замыканий, изолированная нейтраль, распределительные сети, имитационная модель*

### Введение

Аварии в электроэнергетических системах являются основной причиной недоотпуска электроэнергии или ухудшения показателей ее качества. Известно, что линии электропередач (ЛЭП) являются самым ненадежным элементом в системах электроснабжения ввиду их протяженности, а также того, что они наиболее подвержены различным внешним воздействиям. Исследования аварийности распределительных сетей [1–3] (рисунок 1) показывают, что в электрических сетях чаще всего аварии происходят из-за различных видов повреждений непосредственно в линиях электропередач.

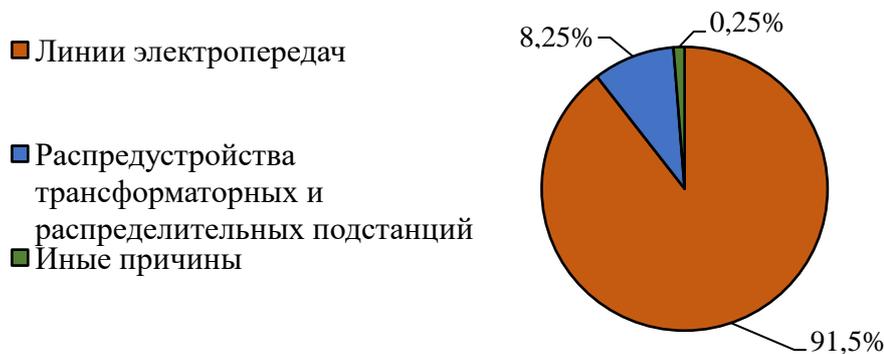


Рисунок 1 – Причины аварийности в электрических сетях

Распределительные сети среднего напряжения часто эксплуатируются в режиме изолированной нейтрали и однофазные повреждения изоляции в них не требуют немедленного отключения. Анализируя отдельные наблюдения [4, 5], можно выделить, что основной причиной аварий в линиях электропередач на среднем напряжении являются однофазные замыкания на землю (ОЗЗ), также именуемые просто однофазными замыканиями (рисунк 2), значительно превосходящие иные виды коротких замыканий (КЗ).

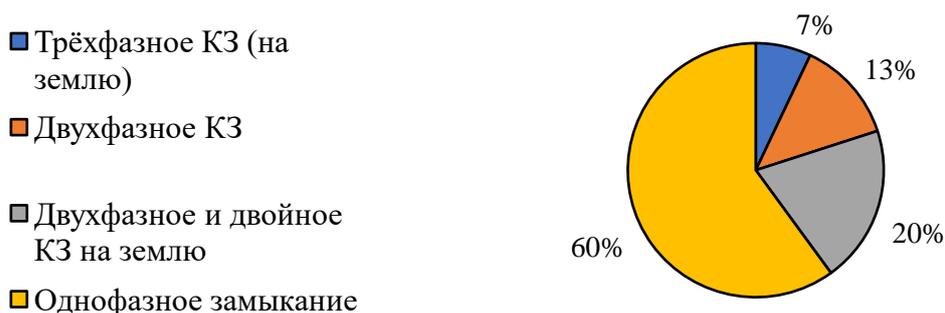


Рисунок 2 – Причины аварийности в линиях электропередач

Более того, все виды многофазных замыканий считаются результатом развития однофазного повреждения изоляции [6], сопровождающегося в электросетях с изолированной нейтралью перенапряжениями и неограниченным по времени протеканием тока через место контакта фазы с землей.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о важности обеспечения надежной защиты электрических распределительных сетей от однофазных замыканий. Поэтому важно сопоставить возможности основных современных видов защит на основе их моделирования, по результатам которого провести оценку их работоспособности и эффективности.

### Методика исследования

В настоящее время существует множество различных защит, предназначенных для определения поврежденного присоединения, а в отдельных случаях даже точного места повреждения при возникновении однофазного замыкания

[7]. Все подобные защиты, как и иные разновидности релейных защит, характеризуются такими свойствами, как [8]:

- селективность – свойство защиты обеспечивать выявление и отделение только поврежденного элемента с помощью коммутационной аппаратуры;

- быстродействие – свойство защиты выявлять и отделять поврежденный элемент от системы за минимальный интервал времени;

- чувствительность – свойство защиты выявлять и отделять поврежденный элемент при любом режиме работы системы в любой точке зоны действия защиты;

- надежность – свойство защиты действовать в пределах установленных для неё условий и в пределах установленной зоны работы и не срабатывать при нормальном режиме работы или при повреждении вне её зоны работы.

По результатам моделирования защит оценивались первые два свойства, так как чувствительность является параметром исходной настройки защит, задается уставками и потому не рассматривается, а надежность относится к случаям несрабатывания защит при их поломках, что не рассматривалось в проводимом исследовании.

Работа защит исследовалась на модели древовидной (радиально-магистральной) распределительной сети, которая является распространенной для среднего напряжения (рисунок 3).

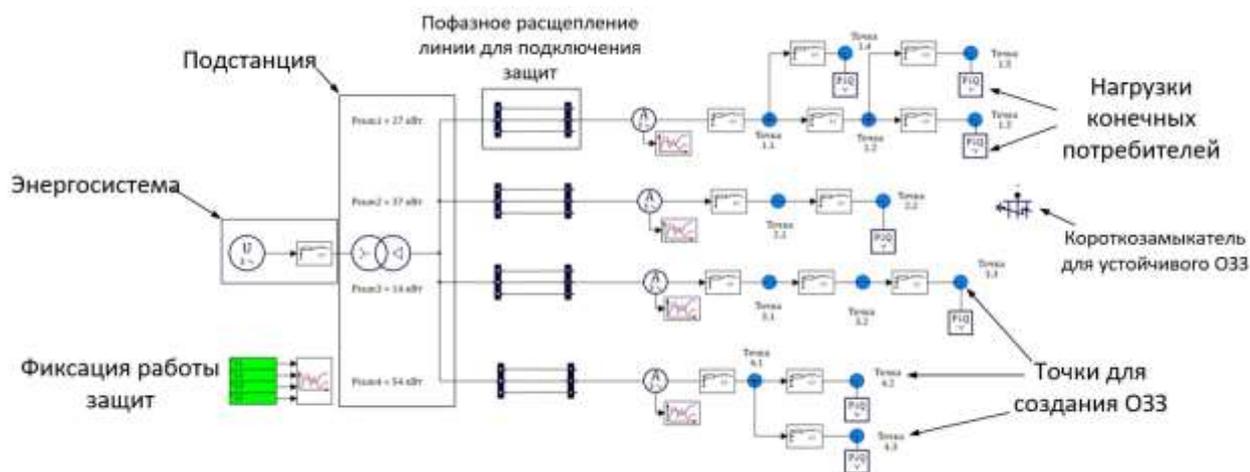


Рисунок 3 – Модель древовидной электрической распределительной сети

Само однофазное замыкание производилось в различных точках модели сети с помощью элемента «Короткозамыкатель», настроенного на устойчивое однофазное замыкание фазы А.

Следует отметить, что основные связующие элементы модели – воздушные линии электропередач (ЛЭП) – были разработаны в виде отдельных субмоделей (рисунок 4, а), отличных от готовых элементов линий, представленных в SimInTech. Новые элементы имеют схему замещения на основе П-образной (рисунок 4, б), рекомендуемой для среднего напряжения, приведенной к Г-образной с целью упрощения задания параметров и структуры модели сети с однофазным замыканием (рисунок 4, в).

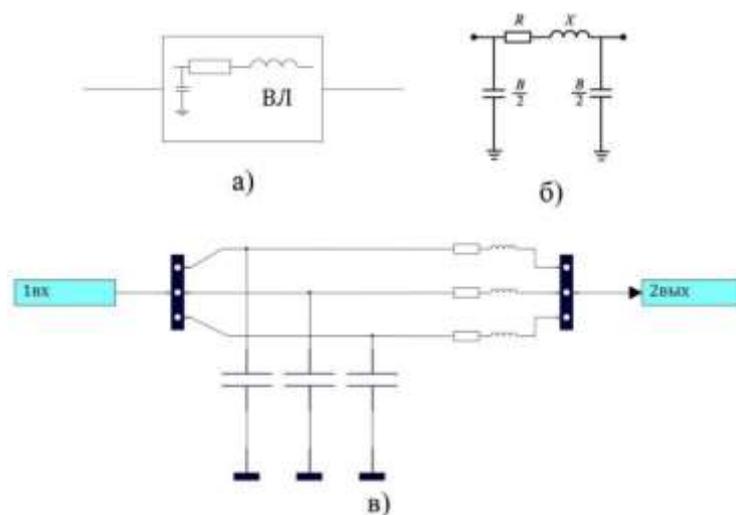


Рисунок 4 – Разработка моделей ЛЭП: а) внешний вид модели; б) рекомендуемая П-образная модель; в) внутренний вид модели

### Разработка и интеграция моделей

Практически все виды защит от ОЗЗ основаны на определении тех или иных параметров нулевой последовательности: тока, напряжения, высших гармоник и т. д. Это связано с тем, что данные составляющие отсутствуют в рабочих режимах при симметричной системе и появляются лишь при замыкании фаз на землю.

Первым вариантом защиты является наиболее простая из существующих защита «общего контроля состояния изоляции». Она может подключаться либо к шинам фаз на подстанции, либо к фазным проводам любого фидера

(рисунок 5, а). Работа защиты основана на регистрации напряжения нулевой последовательности. Для этого используется фильтр напряжения нулевой последовательности (рисунок 5, б). Также она содержит элементы для обеспечения: несрабатывания в нормальном режиме от низкоамплитудного сигнала  $U_0$ , выдержки времени, фиксации сигнала и записи в память. При возникновении однофазного замыкания появляется необходимое напряжение и затем сигнал о его наличии через выдержку времени подается на сигнализацию [7].

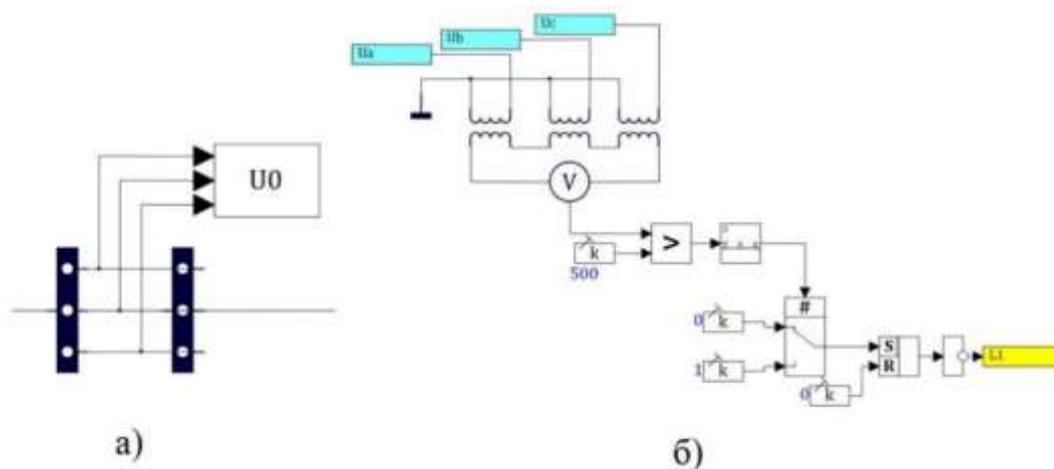


Рисунок 5 – Защита контроля изоляции:

а) внешний вид модели и подключение; б) внутренняя структура модели

Другой способ реализуется в токовой защите нулевой последовательности (ТЗНП). Она подключается последовательно в линию каждого фидера (рисунок 6, а). Контрольной величиной выступает ток нулевой последовательности, измеряемый с помощью фильтра токов нулевой последовательности (рисунок 6, б, в). Если полученное значение тока превышает заданную уставку, то происходит срабатывание защиты [7].

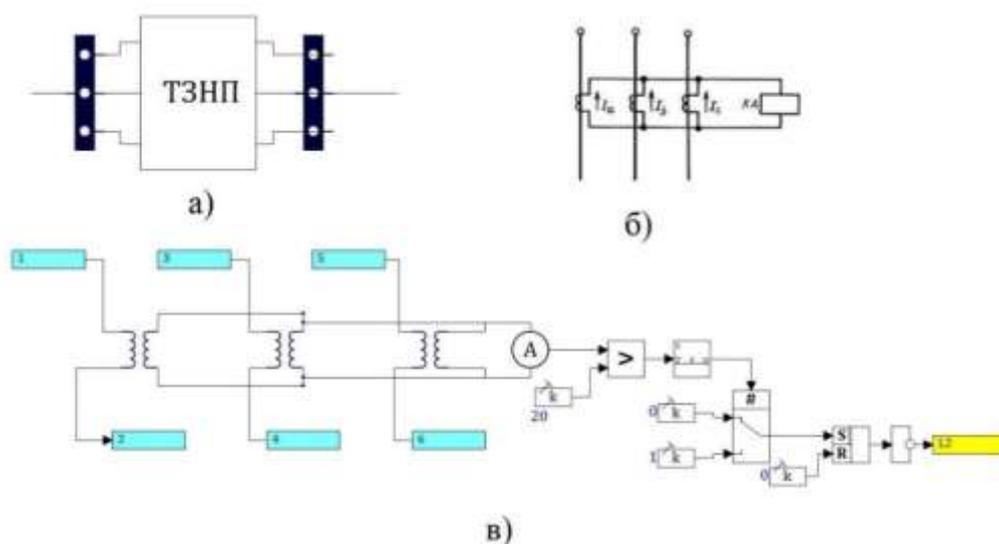


Рисунок 6 – Токовая защита нулевой последовательности:

а) внешний вид модели; б) схема фильтра токов  $I_0$ ; в) внутренний вид модели

Более совершенным способом является токовая направленная защита (ТНЗНП), подключаемая последовательно-параллельно к линиям (рисунок 7, а). В ней помимо рассмотренных фильтров тока и напряжения появляется также упрощенный алгоритм, реализующий работу реле направления мощности в условиях программы (рисунок 7, б). При перемножении мгновенных значений тока и напряжения возможно определить направление, в котором течет ток нулевой последовательности, и тем самым установить место замыкания – на защищаемой линии, когда ток течет внутрь линии, или на другой линии, когда ток течёт в противоположную сторону [9].

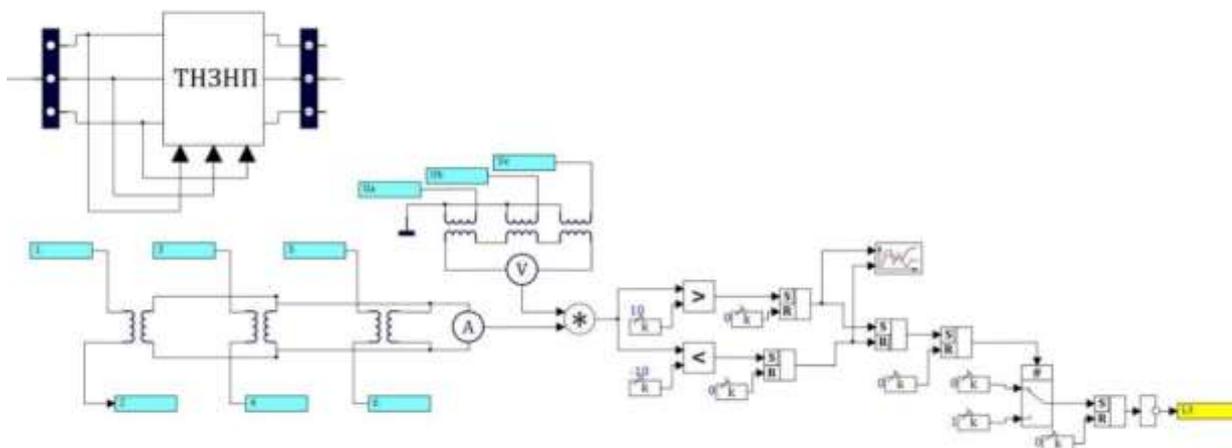


Рисунок 7 – Токовая направленная защита нулевой последовательности:  
внешний вид и внутреннее строение модели

В реализованном алгоритме отсутствие уставки по току нулевой последовательности учитывается при задании ограничительного промежутка срабатывания по значению мощности.

Кроме того, рассматривалась такая защита, как адмитансная или защита по проводимости, которая основана на принципе расчета проводимости нулевой последовательности [10]. В ней применяется принцип деления величин, поэтому необходимо использование элементов фильтра колебаний, который бы исключал незначительные колебания тока в нормальном режиме работы, и элементов среднеквадратических значений для исключения погрешностей сдвигов тока и напряжения во времени друг относительно друг друга (рисунок 8).

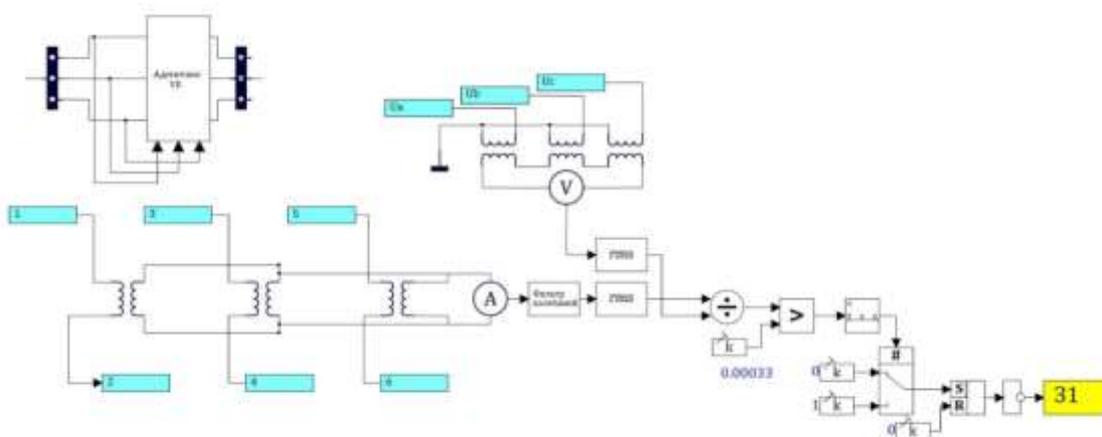


Рисунок 8 – Адмитансная защита – внешний вид и внутреннее строение модели

### Результаты исследования

Однофазные замыкания моделировались в точках сети, отмеченных на рис. 3 с помощью подключения короткозамыкателя в момент времени 0,1 с (при времени функционирования схемы 0,3 с). Результаты работы защит фиксировались посредством графической фиксации сигналов защит (сигнал «1» говорит о несрабатывании защиты, а сигнал «0» – о её срабатывании – фиксации ОЗЗ. Пример результата работы защиты представлен на рисунке 9.

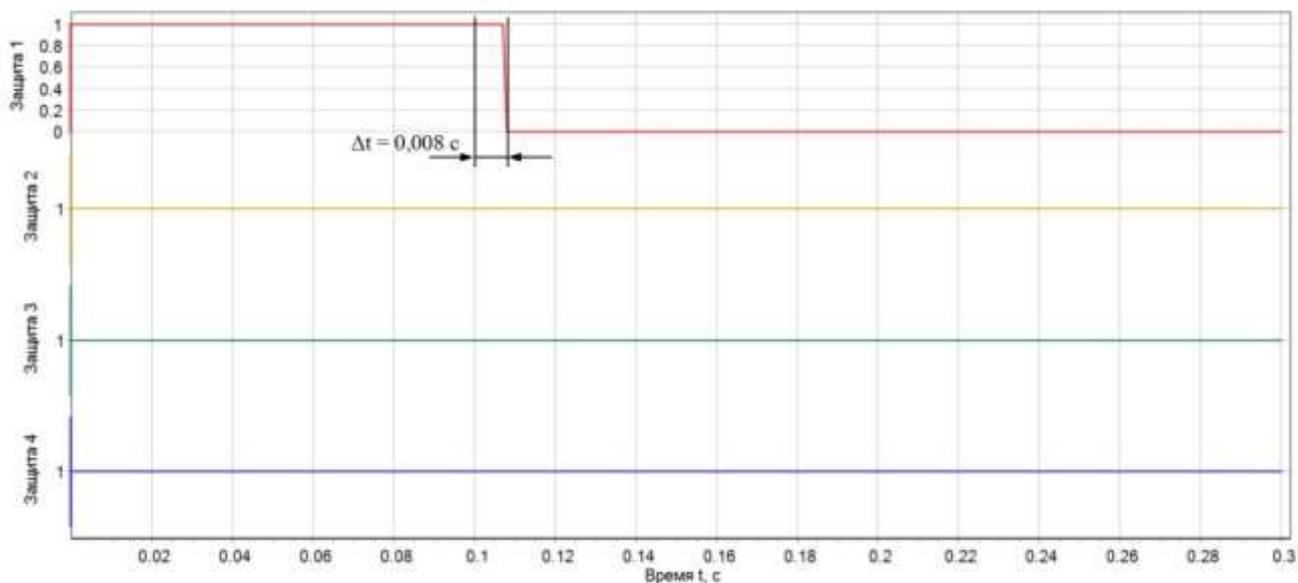


Рисунок 9 – Фиксация ОЗЗ для защиты типа ТЗНП при моделировании замыкания в точке 1.2

Из рисунка 9 видно, что при замыкании в точке 1.2 (см. рисунок 3) сработала только защита первого фидера. Время срабатывания  $\Delta t$  составило 0,008 с.

Подобный опыт был проведен для всех видов защит при поочередном замыкании в точках, указанных на рисунке 3. Результаты моделирования защит представлены в таблице 1. Временной шаг протекания процессов в модели составил 0,001 с.

Таблица 1 – Результаты моделирования защит

Тип защиты Параметр	Контроль изоляция	ТЗНП	ТНЗНП	Адмитансная защита
Селективность	Не обеспечивается	Обеспечи- вается	Обеспечи- вается	Обеспечи- вается
Быстродействие, с (минимум из всех точек ОЗЗ)	0,001	0,005	0,001	0,002

Как можно отметить, токовая направленная защита нулевой последовательности на основе контроля направления мощности нулевой последовательности ( $P_0$ ) является наиболее рациональным вариантом для рассматриваемой распределительной сети. Защита контроля изоляции ( $U_0$ ) уступает ей по показателю селективности, а токовая направленная защита ( $I_0$ ) и адмитансная защита ( $Y_0$ ) незначительно уступают по быстродействию.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов, А. В. Анализ повреждаемости электрооборудования электрических сетей и обоснование мероприятий по повышению надежности электроснабжения потребителей / А. В. Виноградов, Р. А. Перьков // Вестник НГИЭИ. – 2015. – № 12(55). – С. 12–21.

2. Саликова, Н. С. Статистика аварий и отказов в электрических сетях егиндыкольской районной электросети / Н. С. Саликова, О. В. Савин // Наука и реальность. – 2020. – № 3. – С. 48–51.

3. Пикин, Д. Г. Анализ статистики аварий и отказов в электрических сетях Мурманска / Д. Г. Пикин // Cloud of Science. – 2013. – № 4. – С. 26–30.

4. Зуб, Н. С. Определения места повреждения ЛЭП 6-10 кВ при однофазном замыкании на землю / Н. С. Зуб // Инновационная наука. – 2017. – Т. 3, № 4. – С. 46–49.

5. Шерстобитов, Р. М. Влияние однофазных замыканий на землю в сети ВЛ 10 кВ на надежность электроснабжения потребителей / Р. М. Шерстобитов, М. А. Юндин // Надежность и безопасность энергетики. – 2010. – № 3(10). – С. 63–66.

6. Леонов, О. А. Анализ последствий от однофазных замыканий на землю в сельских сетях 6-10 кВ / О. А. Леонов // Символ науки: международный научный журнал. – 2017. – Т. 2, № 3. – С. 84–87.

7. Андреев, А. А. Анализ существующих разновидностей защит от однофазных замыканий на землю и условия их применения / А. А. Андреев // Вестник

Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2021. – Т. 29, № 4(72). – С. 56–70.

8. Правила устройства электроустановок: все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями. (Утв. Приказом Минэнерго России от 20.05.2003 № 187). – Москва: ЭНАС, 2003.

9. Динамическая устойчивость функционирования токовых направленных защит от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью / В. В. Тютиков, Ю. Д. Кутумов, Т. Ю. Шадрикова, В. А. Шуин // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2019. – № 6. – С. 30–41.

10. Ольшовец, П. Адмитансные защиты – эффективное средство охраны сетей СН от замыканий на землю / П. Ольшовец // Релейная защита и автоматизация. – 2017. – № 3(28). – С. 56–59.

## THE RESULTS OF SIMULATION OF PROTECTION AGAINST SINGLE-PHASE GROUND FAULTS IN SIMINTECH SOFTWARE ENVIRONMENT

V. A. Kostenko, I. E. Kazhekin

In modern electric power networks, failures most often occur due to single-phase earth faults on power lines. Therefore, protection against such short circuits is an important point for the proper operation of networks. There are many types of protections against single-phase earth faults based on reading various parameters of the electric power network. The publication provides a comparative analysis and an assessment of the effectiveness of models of some types of protection against single-phase earth faults for a radial trunk network created in the SimInTech modeling environment.

УДК 69.07

ГРНТИ 67.11.31

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ  
НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ  
И СООРУЖЕНИЙ XXI ВЕКА

И. С. Уромичев, И. В. Хомякова

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1, Россия; igor18021@mail.ru,  
irina.khomyakova@klgtu.ru

*анализ, здания, техническое обследование, технология возведения, несущие конструкции, сборно-крупноузловое строительство, железобетон, панельные дома, экспертное заключение, монолитное строительство, методы неразрушающего контроля*

На сегодняшний день достаточно отчетливо видно, что развитие монолитного строительства в большинстве регионов Российской Федерации не стоит на месте. Научно-технический прогресс возведения такого типа зданий и сооружений продолжает стремительно улучшаться. Данному процессу свидетельствуют такие строения XXI века, как:

- Московский международный деловой центр «Москва-Сити» (месторасположение объекта капитального строительства: г. Москва, период строительства: 1996 г. – по настоящее время): ультрасовременный архитектурный постепенно обновляющийся комплекс небоскребов («город будущего») из стекла и железобетона высотой от 27 до 96 этажей, который является крупнейшим бизнес-центром не только города, но и страны в целом;

- «Лакта-центр» (месторасположение объекта капитального строительства: г. Санкт-Петербург, период строительства: 2012–2021 гг.): многофункциональный общественно-деловой центр, являющийся одним из высочайших зданий страны (высота: 462 м, количество этажей: 87) и представляющий собой «стеклянный» небоскреб веретенообразной формы со шпилем;

- штаб-квартира «Русской медной компании» (месторасположение объекта капитального строительства: г. Екатеринбург, период строительства: 2012–2020 гг.): необычное офисное здание (высота: 87,5 м, количество этажей: 15), имеющее облицовку фасада в виде объемных панелей, которые в свою очередь напоминают структуру кристаллической решетки меди;

- «Планета Океан» (месторасположение объекта капитального строительства: г. Калининград, период строительства: 2013 г. – по настоящее время): шарообразный музейно-выставочный центр (высота: 42 м, количество этажей: 8), олицетворяющий планету с бескрайним океаном.

Вышеперечисленные объекты архитектурного искусства представляют собой лишь малую часть того величия, что сумела воплотить в реальность Российская Федерация за последние 20 лет.

Однако у такого развития есть и свои отрицательные стороны, которые раскрывают себя в полной мере при проведении технического обследования здания или сооружения.

Стоит учитывать, что само понятие «проведение технического обследования зданий и сооружений» подразумевает под собой следующее – это безусловно сложный процесс, требующий большого количества опыта и знаний в проектировании, строительстве и самом обследовании объектов различного назначения.

Инженер должен знать базовые вещи при исследовании как элементов, так и самого объекта в целом, а именно:

- на что следует обратить внимание в первую очередь;
- где могут быть «подводные камни»;
- понимать причины возникновения того или иного дефекта;

- знать типовые проблемные места (чтобы не тратить драгоценное время на рассуждения: «почему возникла эта трещина») [1].

Несмотря на такие довольно требовательные навыки, инженеру, проводящему техническое обследование здания или сооружения, при приобретении многолетнего опыта уже довольно несложно анализировать состояние исследуемого объекта и оперативно находить вероятностную причину появления дефектов (как правило, возникают из-за невыполнения проектно-технологических регламентов, ошибок на стадии проектирования, неправильного выполнения работ в процессе возведения здания или сооружения), являющихся негативными факторами разрушения конструкции.

Но уже сейчас ведутся дискуссии среди экспертов по поводу того, что в будущем инженеры столкнутся с различными трудностями при проведении технического обследования зданий и сооружений XXI века, сделанных из железобетона. Основопологающим поводом возрастания таких проблем будет являться, как ни странно, постоянное изменение предпочтений в технологиях возведения железобетонных объектов капитального строительства в тот или иной период времени.

Анализируя тенденции строительной отрасли XX века, во времена формирования Советского Союза, одним из основополагающих понятий для данного государства была индустриальность во всех направлениях промышленного, социального и жилищного строительства. Индустриальность строительства предполагает собой возможность возведения зданий и сооружений из конструкций и блоков, заранее изготовленных в заводских условиях. В связи с чем в годы военного, а также послевоенного времени, в целях быстрого восстановления и дальнейшего развития экономики страны, государством было принято вынужденное решение – по максимуму переводить строительный процесс на рельсы сборно-крупноузлового строительства [2].

Такое стремление ускорить процесс строительства привело к появлению следующего типа зданий – панельные дома. Эти объекты капитального строи-

тельства были выполнены из изготовленных в заводских условиях панелей, которые в свою очередь имели стандартные размеры и при соединении друг с другом образовывали комнату, а то и несколько комнат сразу. Некоторые крупнопанельные здания и вовсе собирались из блоков, полностью готовых к эксплуатации: обои поклеены, потолки покрашены, розетки установлены и т. д. [2]. Все элементы здания изготавливались на заводе, где соблюдался полный контроль качества, а на самой строительной площадке объект капитального строительства собирался как конструктор, т. е. с минимальным количеством действий и в очень короткие сроки.

Стоит также отметить, что в те года практически все объекты капитального строительства полностью возводились из железобетона, так как в Советском Союзе металл был стратегической составляющей – практически все ресурсы уходили на гонку вооружений. Конечно, использование железобетона во всех конструкциях было нерационально, так как перевозка таких элементов требовала больших затрат как денежных, так и транспортных, каркас здания имел гораздо больший вес, что соответственно давало увеличенную нагрузку на основание фундамента.

Но сборно-крупноузловой тип строительства все же имел и большое преимущество для инженеров, проводящих обследование зданий и сооружений. Благодаря пониманию того, что нужно замерить, куда требуется посмотреть и где необходимо делать вскрытие, специалист мог легко по типовой серии, по которой были изготовлены те или иные конструкции обследуемого здания или сооружения, узнать все параметры до мельчайших подробностей (расположение, а также диаметр продольной и поперечной арматуры, класс бетона), определить несущую способность отдельных конструкций (фундаментов, перекрытий, стен). В свою очередь, на основе полученных данных инженер также мог без труда составить полный технический отчет, который подразумевает собой экспертное заключение с результатами обследования, достаточными для выяснения эксплуатационных качеств конструкций, степени работоспособности (нормативное, исправное, работоспособное, ограничено работоспособное, недопустимое, аварийное)

объекта капитального строительства и целесообразности его ремонта или реконструкции [1].

Анализируя тенденции строительной отрасли XXI века, можно с уверенностью сказать, что на смену сборно-крупноузловому типу строительства пришли здания нового поколения, реализованные в монолитном исполнении.

Монолитное строительство – это процесс возведения непосредственно на строительной площадке отдельных конструктивных элементов объекта капитального строительства из бетонной смеси при использовании специализированной опалубки, в которой предварительно установлен арматурный каркас [3].

С использованием данной технологии появилась возможность возведения самых разнообразных зданий с любыми архитектурно-планировочными решениями, все ограничено лишь фантазией архитектора [3]. Но следует понимать, что возможность реализации таких свободных геометрических форм со временем порождает определенные трудности у инженеров в обследовании несущих конструкций монолитных зданий и сооружений.

В качестве примера можно рассмотреть узел армирования монолитных перекрытия и колонны у современного здания или сооружения. Стандартный принцип армирования является следующим:

- плита перекрытия: укладывается фоновая арматура одного диаметра и шага (формируется пространственный каркас элемента) и в необходимых по расчету местах укладывается дополнительная арматура между стержнями фоновой;
- колонны: укладывается дополнительная поперечная арматура вокруг колонны (если плита перекрытия вблизи колонны без поперечной арматуры не проходит по расчету на продавливание).

Но нужно учитывать то, что армирование несущих элементов в каждом здании все же более индивидуально, оно определяется конструкторскими расчётами для каждого случая отдельно. И если сейчас, по прошествию 3–5 лет с момента возведения и вводом в эксплуатацию здания или сооружения, найти проектную документацию не составит труда, то нельзя быть на сто процентов уверенным, что все будет также просто через 20, а то и 30 лет, когда потребуется провести

полное техническое обследование рассматриваемого объекта капитального строительства с целью выявления тех или иных дефектов.

Как уже говорилось ранее, для сборных конструкций достаточно вскрыть плиту перекрытия в одном месте, чтобы определить армирование других плит перекрытия ввиду того, что все выполнено по серии. В то же время в монолитной конструкции одного вскрытия будет недостаточно. Такое хаотичное относительно сборного элемента армирование увеличивает сложность поиска дополнительной и поперечной арматуры, ведь помимо того, что необходимо найти ее расположение, нужно определить, загнута ли она вокруг продольной арматуры или же приварена контактной сваркой к ней, а это уже серьезно влияет на несущую способность всей конструкции в целом. Если же прибегнуть к радикальным методам, а именно частично разобрать монолитную конструкцию, а точнее вскрыть плиты перекрытия вокруг колонн, то это может нарушить жесткость и без того требующего обследования объекта капитального строительства.

В настоящее время разрабатывается и выпускается большое количество дорогостоящего оборудования, которое, со слов производителей, способно определить заложенный диаметр арматуры внутри монолитной конструкции без ее вскрытия. Но практика показала, что такая техника с малой точностью распознает параметры продольной арматуры, не говоря уже о поперечной. Определить класс арматуры, ее расположение, загнутость вокруг продольной арматуры или же приварку к ней, к сожалению, ни одно оборудование в мире на текущий момент не способно. Оно может лишь подсказать, есть ли арматура в конструкции вообще, и дать с большой погрешностью ее диаметр.

Существующие неразрушающие методы контроля (ультразвуковые, пластической деформации, отскока упругого, импульса ударного и т. д.) [4], которые направлены на определение местоположения и состояния арматуры, ее диаметра, толщины защитного слоя бетона, также позволяют лишь поверхностно узнать требуемые параметры при технологическом обследовании здания или сооружения.

Из всего вышеперечисленного следует вопрос: что делать инженерам для составления полного, а самое главное верного технического отчёта об обследуемом здании или сооружении, выполненном в монолитном исполнении? Ведь уже сейчас возникает потребность в ремонте таких объектов капитального строительства, построенных 20 лет назад.

В качестве временного решения данной проблемы можно предложить следующее:

- после ввода в эксплуатацию здания или сооружения в обязательном порядке в государственном архиве, на самом объекте капитального строительства и в архиве застройщика должны находиться в бумажном и электронном виде, а также в полном объеме (с учетом всех изменений в процессе возведения здания или сооружения) проектная, рабочая и исполнительная документации.

Соблюдение вышеуказанного предложения сведёт к минимуму ошибки инженеров в процессе технического обследования несущих конструкций монолитных зданий и сооружений XXI века.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осетрова, Ю. М. Техническое обследование строительных конструкций, зданий и сооружений / Ю. М. Осетрова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: 71-я Всероссийская научно-техническая конференция по итогам НИР 2013 года, Самара, 07–11 апреля 2014 года: материалы / под ред. М. И. Бальзанникова, Н. Г. Чумаченко. – Самара: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный архитектурно-строительный университет», 2014. – С. 651–652.

2. Ишкова, А. В. Строительство квартир в послевоенный период / А. В. Ишкова // Война и мир в Отечественной и мировой истории: Международная научная конференция, посвященная 75-летию Победы в Великой Отечественной войне: материалы: в 2 т. Санкт-Петербург, 27 марта 2020 года. – Санкт-

Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2020. – Т. 2. – С. 375–380.

3. Осетрова, Ю. М. Монолитное строительство зданий и сооружений / Ю. М. Осетрова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: 71-я Всероссийская научно-техническая конференция по итогам НИР 2013 года, Самара, 07–11 апреля 2014 года: материалы / под ред. М. И. Бальзанникова, Н. Г. Чумаченко. – Самара: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный архитектурно-строительный университет», 2014. – С. 649–650.

4. Бровко, И. С. Оценка применения существующих методик для проверки качества монолитных бетонных конструкций / И. С. Бровко, М. Абдикулов, Е. И. Бровко // Вестник науки Южного Казахстана. – 2018. – № 4(4). – С. 58–62.

## CURRENT PROBLEMS OF TECHNICAL INSPECTION OF BEARING STRUCTURES OF MONOLITHIC BUILDINGS AND STRUCTURES OF THE XXI CENTURY

I. S. Uromichev, I. V. Khomyakova

The article analyzes the trends in the construction industry of the 20th and 21st centuries, the fundamental differences between prefabricated large-unit and monolithic buildings and structures, the influence of selected construction methods on the reliability of the results of technical inspection. Current and possible future problems that engineers may encounter when assessing the technical condition of capital construction projects in monolithic design are considered. A solution is proposed to simplify the process and improve the quality of technical inspection of buildings and structures.

УДК 622.691.4

ГРНТИ 67.53.27

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ГАЗОПРОВОДОВ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ МЕСТАХ

А. И. Савченкова

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1, Россия; shamsulina1996@mail.ru

*газопроводы, реконструкция, полиэтиленовые трубы, бестраншейные методы, протяжка, протаскивание, инновационные технологии*

Главная задача сети газопроводов – это обеспечение надежной работы и безопасность эксплуатации [1, 2]. Количество изношенных подземных газопроводов ежегодно возрастает, и тема наименее ресурсозатратной реконструкции остается постоянно актуальной. Существует достаточно широкий выбор технологий и материалов для реконструкции газораспределительного трубопровода [3, 4], но в то же время не существует универсального метода, одинаково удовлетворяющего всем возможным требованиям работ. На данный момент наиболее распространенным и эффективным методом реконструкции считается бестраншейный. Так как до самого конца XX века подземная прокладка проводилась только с использованием стальных труб, то целесообразно и наиболее эффективно использование стальных труб в качестве каркаса.

Выделяют основные четыре метода бестраншейной реконструкции с применением стального каркаса.

*Первый метод.* Реконструкция стального газопровода, путем протаскивания внутри изношенной трубы полиэтиленовой трубы меньшего диаметра. Метод проходит в несколько этапов. Очищение путем пропуска специальных скреб-

ков заранее разбитым на участки газопровода. И уже далее проводится протаскивание новой полиэтиленовой трубы. При наличии на изношенном газопроводе фитингов, таких как отводы или тройниковые ответвления, протяжка через них полиэтиленовых труб не рекомендуется. Также на местах задвижек, конденсаторных сборников, гидрозатворов вырываются котлованы и данные соединительные детали вырезаются.

Данный метод имеет ряд преимуществ:

- простота выполнения работ;
- дешевизна технологии;
- возможность использования стандартных полиэтиленовых труб и соединительных деталей.

Однако стоит рассмотреть и недостатки данного метода бестраншейной реконструкции:

- ограничения по коэффициенту запаса прочности;
- затруднение поиска утечек газа;
- существенное уменьшение проходного сечения;
- относительно малая несущая способность.

*Второй метод.* Реконструкция изношенного газопровода заключается в протаскивании внутри старого новой полиэтиленовой трубы, поперечное сечение которой временно уменьшено. Данная технология носит название «U-лайнера» («Свэджлайнинг»). В процессе изготовления с помощью специального термомеханического формования трубам придают U-образную форму. После протаскивания труб U-образной формы восстановление первоначальной формы достигается за счет разогрева стенки полиэтиленовой трубы при помощи пара под давлением. Таким образом, активизируется специфическая для полиэтилена способность «воспоминания первоначальной формы» и полиэтиленовая труба приобретает круглое сечение, прилегая к стенкам старого газопровода [5]. Стальной газопровод несет функцию каркаса и дополнительной защиты стенок полиэтиленового газопровода. С учетом того, что новые полиэтиленовые трубы до-

статочно плотно прилегают к стенкам стального газопровода, диаметр уменьшается незначительно, что является преимуществом данного метода по сравнению с предыдущим. Отсутствие лимитирования пропускной способности также считается преимуществом этого метода [6]. Рассмотрим и недостатки метода реконструкции «U-лайнера»:

- необходим тщательный осмотр и очистка старого трубопровода;
- требуется дополнительное оборудование для специальной обработки трубы и обученный персонал;
- ограничения по диаметру и давлению труб.

*Третий метод.* Метод реконструкции – выполняется путем нанесения на внутреннюю стенку газопровода синтетического тканевого шланга. Тканево-синтетическая оболочка выдерживает избыточное давление до 1,2 МПа. Она приклеивается к внутренней поверхности трубы с помощью эпоксидной смолы. Данный метод является наиболее ресурсозатратным из представленных, так как необходима тщательная санация. Так, для проведения работ по санации используется спецмашина, на которой смонтирована реверсионная емкость. Заранее подготовленный по длине санируемого газопровода синтетическотканевый шланг заполняется приготовленным двухкомпонентным эпоксидным клеем. Конец рукава плотно закрывается, прикрепляется к специальной ленте, затем благодаря этой ленте рукав втягивается в реверсионную емкость машины и наматывается на барабан в реверсионной емкости [7].

При втягивании наполненный клеем рукав проходит между двух валиков, которые обеспечивают равномерное распределение клея по длине рукава. Затем конец рукава прикрепляется к специальной головке, предназначенной для обеспечения процесса инверсии (выворачивания наружу), и под воздействием сжатого воздуха рукав выворачивается и вводится в санируемый газопровод. После ввода в санируемый газопровод тканево-полиэтиленового рукава в него подается из парогенератора паровоздушная смесь с температурой 105 °С для инициирования процесса затвердения клея. После окончания процесса отвердевания клея га-

зопровод продувается воздухом с температурой 30 °С и с помощью поршня удаляется конденсат. Затем saniруемый участок газопровода испытывается и подключается к действующей сети. При этом методе реконструкции длина saniруемого участка газопровода может достигать 600 м [5]. Этот метод реконструкции позволяет реконструировать протяженные участки газопровода, а также газопроводы давлением до 1,2 МПа. Несмотря на весомые преимущества, этот метод обладает существенными недостатками помимо высокой ресурсозатратностью, а именно:

- вероятность разрыва рукава в процессе реконструкции;
- необходимость тщательной очистки старой трубы.

*Четвертый метод.* Реконструкция путем протаскивая внутри старого изношенного газопровода новой армированной трубы «Примус Лайн». Армированная труба поставляется намотанная на барабаны в сложенном (плоском) состоянии.

На строительной площадке, где происходит реконструкция газопровода, армированные трубы с помощью специальных оголовников протаскиваются в восстанавливаемый газопровод в сложенном состоянии или с восстановлением круглого сечения. Под давление в трубу подается воздух. Данная армированная труба обладает исключительными характеристиками, в связи с многослойной структуры стенок имеет высокую прочность, а благодаря незначительной толщине – гибкость. Внутренний слой рукава может быть выбран в соответствии со средой. Внешний слой – в независимости от среды – состоит из устойчивого к истиранию полиэтилена. Между внутренним и внешним слоем находится бесшовная армидная ткань в качестве статически несущего слоя [5].

Достоинства данного метода:

- высокая допустимая нагрузка;
- высокая гибкость;
- возможность saniровать протяженные участки с крутыми поворотами.

Недостатки:

- высокая стоимость технологии;

– из-за неточности расчета тягового усилия существует вероятность порвать рукав в процессе протяжки.

При рассмотрении вышеперечисленных методов можно отметить, что реконструкция изношенных распределительных газопроводов с применением метода, использующего плотно прилегающую трубу U-лайнер, может быть признана оптимальной с точки зрения технических критериев. А наиболее экономичным методом реконструкции стального трубопровода является протяжка полиэтиленовой трубы. Также стоит отметить, что технологии с применением синтетическотканевого шланга и реконструкция, путем протаскивая внутри старого изношенного газопровода новой армированной трубы «Примус Лайн» не получили широкого распространения в России в связи с высокой стоимости работ.

### **Заключение**

В данной работе были рассмотрены современные методы реконструкции, используемые в труднодоступных местах. На основании описания и оценки методов с учетом достоинств и недостатков, можно выбрать план реконструкции газопровода с учетом финансовых возможностей площадью рабочего места для оборудования и специальных машин, а также степенью повреждения трубопровода. Для оптимального выбора реконструкции необходимо рассматривать каждый случай индивидуально.

Все вышеперечисленные технологии позволяют максимально снизить сроки строительно-монтажных работ по сравнению с традиционным вариантом рытья траншеи и замены трубопровода.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Газоснабжение: Курс лекций / А. М. Короленок, В. А. Короленок, Д. Н. Комаров, Р. А. Шестаков. – Москва: ООО «МАКС Пресс», 2019. – 148 с.

2. Орехова, Ю. А. Использование инновационных технологий и материалов в транспортировке природного газа / Ю. А. Орехова, И. В. Орехова, Ю. С. Матвеева // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сборник научных статей по итогам второй международной научной конференции: в 2 ч., Казань, 28–29 февраля 2020 года. – Казань: ООО «Конверт», 2020. – Ч. 1. – С. 139–141.

3. Матвеева, Ю. С. Способы проведения ремонтных работ на газопроводах низкого давления / Ю. С. Матвеева, И. В. Орехова // Губкинский университет в решении вопросов нефтегазовой отрасли России // VI Региональная научно-техническая конференция, посвященная 100-летию М. М. Ивановой, Москва, 19–21 сентября 2022 года: тезисы докладов. – Москва: Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И. М. Губкина, 2022. – С. 328–329.

4. Матвеева, Ю. С. Моделирование работы газораспределительных сетей низкого давления при проведении ремонтных работ / Ю. С. Матвеева // Трубопроводный транспорт – 2021: XVI Международная учебно-научно-практическая конференция, Уфа, 17–18 ноября 2021 года: тезисы докладов. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2021. – С. 133–134.

5. Лютова, Т. Е. Современные инновационные технологии реконструкции распределительных / Т. Е. Лютова // Ползуновский альманах. – 2016. – С. 120–125.

6. Kopusovs A., Bode I., Zemite L., Dzelzitis E. Optimization of the Selection Method for Reconstruction of Outworn Gas Distribution Pipeline // Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. – 2019. – С. 33–44.

7. Сорокина, П. Е. Современные технологии реконструкции систем газораспределения с использованием существующего газопровода и их применение на территории Белгородской области / П. Е. Сорокина, И. В. Крюков // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее. – 2020. – С. 360–364.

# MODERN METHODS FOR RECONSTRUCTING GAS PIPELINES IN HARD-TO-REACH PLACES

A. I. Savchenkova

This article presents the results of a study of the main methods for reconstructing worn-out steel gas pipelines using a frame, which allows us to identify and systematize the main advantages and disadvantages of each method, as well as identify criteria influencing the optimal choice of method.

УДК 543.42

ГРНТИ 29.31.26

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПИРТОВОГО ЭКСТРАКТА  
*VIBURNUM OPULUS L* НА КЛЕТКИ *E. COLI* МЕТОДОМ  
КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЙЯНИЯ СВЕТА

Е. А. Демишкевич<sup>1</sup>, А. А. Кундалевич<sup>1</sup>, А. Ю. Зюбин<sup>1</sup>, А. В. Цибульникова<sup>1</sup>,  
Е. С. Землякова<sup>1,2</sup>, С. А. Сухих<sup>1</sup>, О. О. Бабич<sup>1</sup>, И. Г. Самусев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,  
236016, г. Калининград, ул. А. Невского 14, Россия; azubin@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1, Россия

*комбинационное рассеяние света, калина красная, экстракт, бактерии, E.Coli, клеточная гибель*

Появление в современной медицине противомикробных препаратов (антибиотики, противовирусные и противогрибковые препараты) позволило взять под контроль развитие вирусных и бактериальных инфекций. С 1930 по 1962 г. было разработано более 20 классов антибиотиков [1], которые направлены на остановку синтеза белков и метаболитов, нарушение целостности клеточной стенки и процесса бинарного деления бактериальных микроорганизмов [2]. В настоящее время темпы разработок новых классов антибиотиков замедлились, однако их потребление увеличилось, что привело к появлению и быстрому распространению устойчивых к антибиотикам патогенов, особенно бактерий с множественной лекарственной устойчивостью [3]. Один из основных подходов к получению новых антимикробных агентов – поиск и адаптация натуральных продуктов, например, растительных экстрактов, богатых фенолами и флавоноидами [4, 5].

По литературным данным, Всемирной организацией здравоохранения зарегистрированы названия более 20 000 видов лекарственных растений с различными потенциальными применениями, в том числе в качестве антибактериальных агентов [2]. Известно применение экстрактов растений против бактерий, плесеней, насекомых, вирусов и опухолевых клеток в качестве фотосенсибилизаторов активной формы кислорода [6, 7]. Среди перспективных растительных антибактериальных агентов выделяются агенты растительного происхождения. Одним из перспективных природных агентов ввиду потенциальных антибактериальных свойств является *Viburnum opulus L.* Перспективность применения экстрактов на основе *Viburnum opulus L.* обусловлена наличием таких биологически активных компонентов, как витамин С, каротиноиды, иридоиды, эфирные масла и фенольные соединения. Благодаря такому составу экстракт *Viburnum opulus L.* обладает антиоксидантной активностью, антимикробным потенциалом (особенно в отношении грамположительных бактерий), имеет доказанные противовоспалительные, противодействующие ожирению, антидиабетические, остеогенные, кардио- и цитопротекторные свойства [8–10]. В настоящей работе приведено исследование влияния экстракта *Viburnum opulus L.* на клетки *E. Coli*, получены спектры комбинационного (КР) и гигантского комбинационного рассеяния света (ГКРС).

ГКРС спектры исследуемых аналитов были получены с помощью рамановского анализатора Virsa (Renishaw) в диапазоне 350–1800 см<sup>-1</sup>. Эксперимент проводили два раза. В первом случае получали спектры до облучения лазером с длиной волны  $\lambda = 532$  нм, затем ту же точку облучали 5, 10, 30, 60 мин и после каждого облучения снимали спектр. Затем на поверхность снова наносили новую каплю бактерий с экстрактом и получали спектры после ожидания 5, 10, 30 и 60 мин без облучения лазером. Все спектры были получены при одинаковых условиях: время накопления 30 сек; мощность лазера 61 мВт; длина волны возбуждающего излучения составляла  $\lambda=785$  нм. Далее были проведены эксперименты с водным раствором калины. В пробирке типа эппендорф смешивали 50 мкл бактерий, разведенных в дистиллированной воде, и 10 мкл водного раствора калины. Инкубировали раствор при температуре 37 °С на протяжении

25 мин. Затем, после инкубации, получившийся раствор бактерий со спиртовым экстрактом помещали на анодированную титановую поверхность в объеме 2,5 мкл и высушивали при комнатной температуре. В результате были получены отчетливые экспериментальные спектры калины на анодированной поверхности титана. Спектр спиртового экстракта калины при облучении экстракта приведен на рисунке 1. Анализированы значения интенсивностей характеристических максимумов в диапазоне отпечатка пальца в среднем и низкочастотном диапазонах длин волн. Далее приводятся общие спектры, их выбранные перспективные полосы колебаний, анализ поведения интенсивности таких полос в зависимости от времени воздействия.

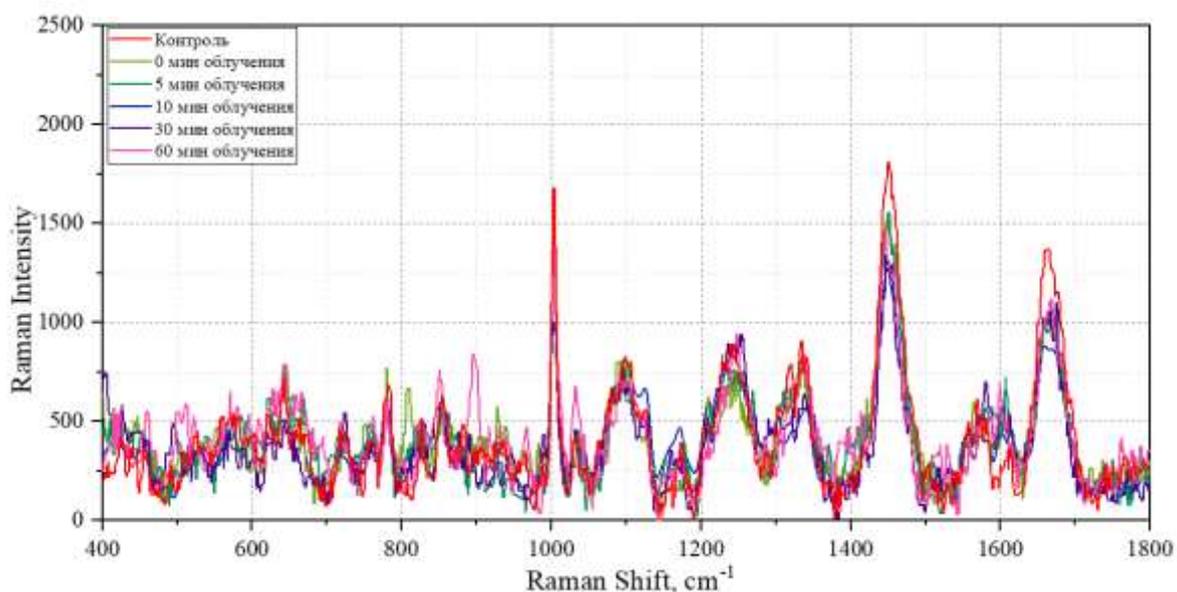


Рисунок 1 – ГРПС спектр бактерий *E.Coli* при инкубации с экстрактом калины спиртовой при облучении источником с длиной волны 532 нм

По результатам исследований было установлено, что полосы в диапазоне 1635–1668  $\text{cm}^{-1}$ : гуанин, аденин, ксантин, гипоксантин – претерпевают изменения. Можно заметить общее падение интенсивности спектра с экстрактом калины и НЧ и спектрального сдвиг максимума в сравнении со спектром контроля (рисунок 2).

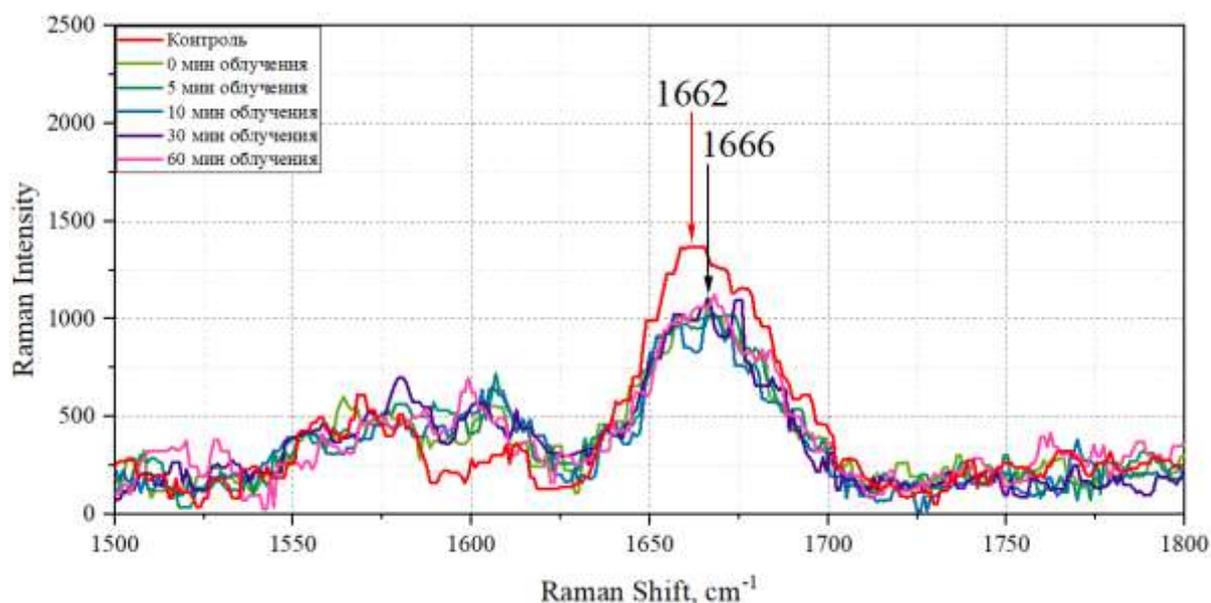


Рисунок 2 – ГРПС спектры гуанина, аденина, ксантина, гипоксантина бактерий *E. Coli* при инкубации с экстрактом калины спиртовой при облучении источником с длиной волны 532 нм

Поведение максимума гипоксантина, гуанина, аденина для бактерий отражено на рисунке 3.

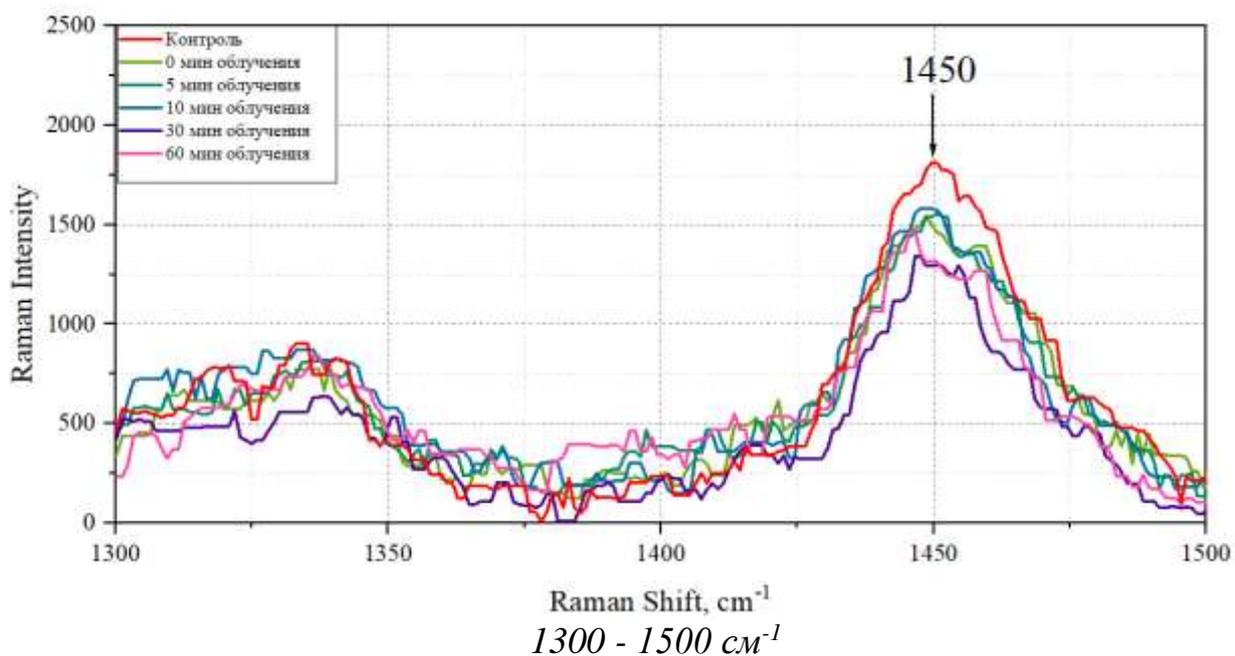


Рисунок 3 – ГРПС спектры гипоксантина, гуанина, аденина бактерий *E. Coli* при инкубации с экстрактом калины спиртовой при облучении источником с длиной волны 532 нм

На рисунке 4 представлен среднечастотный диапазон  $800\text{--}1200\text{ см}^{-1}$ , где помимо падения интенсивности максимума на  $1003\text{ см}^{-1}$  ( $1002\text{--}1003\text{ см}^{-1}$  фенилаланин) в сравнении с контролем, спектр при 10 мин облучения отличается от других: появляются максимумы на  $977$  и  $1088\text{ см}^{-1}$ .

Установлено, что в максимумах  $1446\text{--}1449\text{ см}^{-1}$  регистрируется гипоксантин, гуанин, аденин.

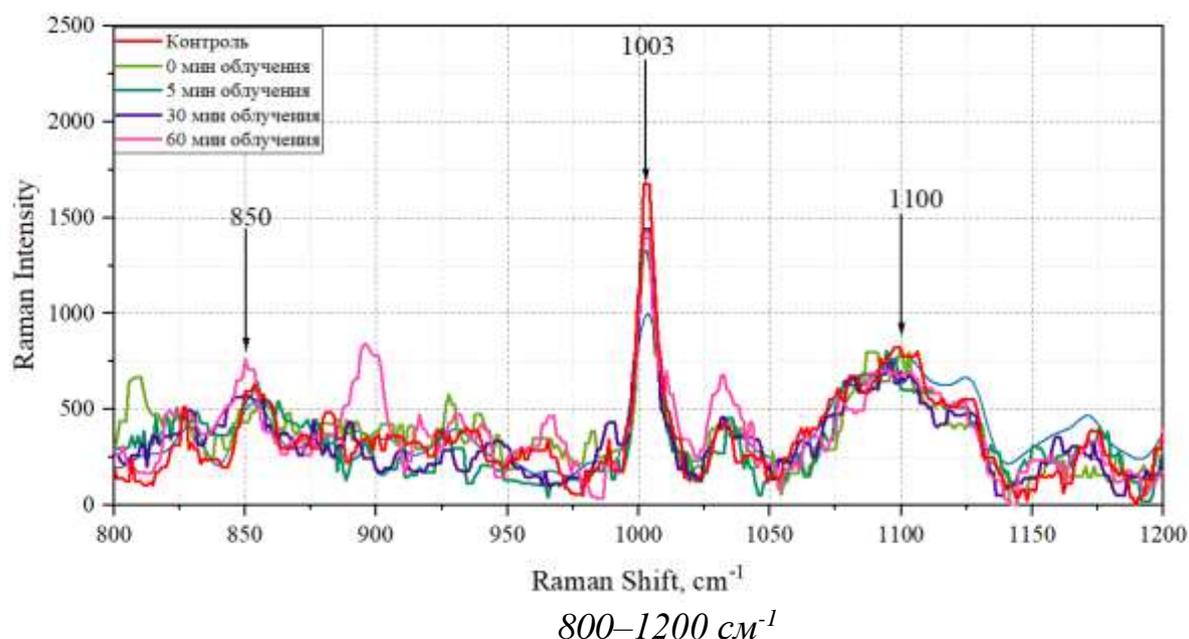


Рисунок 4 – ГКРС спектры гипоксантина, гуанина, аденина бактерий *E. Coli* инкубации с экстрактом калины спиртовой при облучении источником с длиной волны  $532\text{ нм}$  в диапазоне  $800\text{--}1200\text{ см}^{-1}$

По результатам работы были получены результаты КРС и ГКРС исследований в диапазоне  $400\text{--}1800\text{ см}^{-1}$ , определены спектральные колебания составляющих бактерий *E. Coli* и их изменения в присутствии спиртового экстракта *Viburnum opulus L.*

Работа выполнена в рамках государственного задания БФУ им. И. Канта «Новые фотосенсибилизаторы на основе апконверсионных наночастиц редкоземельных элементов», проект № FZWM-2024-0010.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Coates A. R. M., Halls G., Hu Y. Novel classes of antibiotics or more of the same? // *British journal of pharmacology*. – 2011. – Т. 163, № 1. – С. 184–194.
2. Cheesman M. J. et al. Developing new antimicrobial therapies: are synergistic combinations of plant extracts/compounds with conventional antibiotics the solution? // *Pharmacognosy reviews*. – 2017. – Т. 11, № 22. – С. 57.
3. Aminov R. I. The role of antibiotics and antibiotic resistance in nature // *Environmental microbiology*. – 2009. – Т. 11, № 12. – С. 2970–2988.
4. Njimoh D. L. et al. Antimicrobial activities of a plethora of medicinal plant extracts and hydrolates against human pathogens and their potential to reverse antibiotic resistance // *International journal of microbiology*. – 2015. – Т. 2015.
5. Kothari V., Gupta A., Naraniwal M. Comparative study of various methods for extraction of antioxidant and antibacterial compounds from plant seeds // *Journal of natural remedies*. – 2012. – Т. 12, № 2. – С. 162–173.
6. Chiode M. M. M. et al. Plant extract incorporated into glass ionomer cement as a photosensitizing agent for antimicrobial photodynamic therapy on *Streptococcus mutans* // *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. – 2022. – Т. 38. – С. 102788.
7. Sarker M. A. R., Ahn Y. H. Green phytoextracts as natural photosensitizers in LED-based photodynamic disinfection of multidrug-resistant bacteria in wastewater effluent // *Chemosphere*. – 2022. – Т. 297. – С. 134157.
8. Ozkan G. et al. Bioaccessibility and transepithelial transportation of cranberrybush (*Viburnum opulus*) phenolics: Effects of non-thermal processing and food matrix // *Food Chemistry*. – 2022. – Т. 380. – С. 132036.
9. Kajszczyk D., Zakłós-Szyda M., Podsędek A. *Viburnum opulus* L. – A review of phytochemistry and biological effects // *Nutrients*. – 2020. – Т. 12, № 11. – С. 3398.
10. Kajszczyk D., Zakłós-Szyda M., Podsędek A. *Viburnum opulus* L. – A review of phytochemistry and biological effects // *Nutrients*. – 2020. – Т. 12, № 11. – С. 3398.

STUDY OF THE EFFECT OF ALCOHOLIC EXTRACT OF VIBURNUM  
OPULUS L ON *E. COLI* CELLS BY RAMAN LIGHT SCATTERING METHOD

E. A. Demishkevich, A. A. Kundalevich, A. Y. Zyubin\*, A. V. Tcibulnikova,  
E. S. Zemlyakova, S. A. Sukhikh, O. O. Babich, I. G. Samusev

The paper presents the results of studies by CPC and GKRS methods of the effect of the alcoholic extract of *Viburnum opulus L* on *E. Coli* cells in the range of 400-1800  $\text{cm}^{-1}$ , the spectral vibrations of the components of *E. Coli* bacteria and their changes in the presence of alcoholic extract of *Viburnum opulus L*. The obtained data can be used in the creation of new antibacterial drugs of plant origin.

УДК 629.553

ГРНТИ 55.45

## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ УРОВНЯ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

Д. А. Михеев, Ю. А. Кочнев, Е. П. Роннов

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»,  
603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, Россия; mikheev\_2001@mail.ru

*пассажирские суда, комфортабельность, уровень комфорта, класс «звёздности», система классификации, методы оценки*

Термин «комфортабельность» означает качество, определяющее степень соответствия чего-либо, заданному уровню бытовых условий пребывания пассажиров на судне, времени их отдыха и свободного времяпрепровождения. От уровня комфорта пассажирского судна зависит спрос на круизы на нем и их стоимость, поэтому поставленная задача об исследовании уровня комфортабельности актуальна в настоящее время. Наиболее очевидно связывать уровень комфортабельности с площадью для пассажиров, которая на судах имеет ограничения.

Для изучения данного вопроса была рассмотрена связь комфортабельности судна с площадью палуб для пассажиров, с её удельными значениями. В связи с этим поставлена задача анализа их характеристик и полученных значений. В научно-исследовательской работе был выполнен поиск характеристик серийных речных пассажирских судов постройки, начиная с 50-х годов XX века, и по сегодняшний день, которые имеют различный уровень комфорта. В таблице 1 приведены основные характеристики этих судов.

Пассажировместимость судов, рассматриваемых проектов, по каютным пассажирским местам составляет от 197 до 400 человек, их длина варьируется от

62 до 140 м, ширина – от 9,1 до 16,6 м. Удельные площади на одного пассажира мягких пассажирских мест колеблются от 9,1 до 15,7 м<sup>3</sup>/чел.

По архитектурно-конструктивному типу (АКТ) суда отличаются количеством ярусов надстройки. Так, суда проектов 860(305), 785, 646 – 2-палубные, проектов 588, 26-37, 20 – 3-палубные, 301, 92-016, Q-40 – 4-палубные, а проект PV-300 условно можно считать 5-палубным.

Таблица 1 – Основные характеристики современных пассажирских судов

Проект	Количество пассажиров	Количество мягких мест	Количество жестких мест	Площадь для пассажиров	Удельная площадь на одного пассажира мягких мест	Удельная площадь на одного пассажира жестких мест	L	B	LxB
860	304	79	135	892,7/1525,5	11,3	5,5	74,6	10,5	783,3
785	259	240	285	2952/3505,5	12,3	3	76	9,6	729,6
646	197	201	325	2733,6/4420	13,6	3,8	62	9,1	564,2
588	364	369	228	3357,9/2074,8	9,1	5	90	11,6	1044
26-37	400	305	220	2989/2156	9,8	5,5	90	11,65	1048
20	439	468		4633,2	9,9	0	116	12,4	1438
301	360	360		4608	12,8	0	118	16	1888
92-016	400	380		4978	13,1	0	126	15,46	1947,96
Q-040	216	230		3611	15,7	0	102,88	12,8	1316,86
PV-300	340	340		3802,2	11,18	0	140,63	16,6	2334,458
Проектное судно	200	200		2477	12,39	0	100	13,6	1360

Большинство судов, представленных в таблице 1, имеют боковой каплеобразный силуэт, разработанный ученым Л.Н. Добиним, тогда как суда последних лет постройки отходят от этого силуэта, меняя традиционную концепцию и делая каждый ярус надстройки максимальной длины, близкой к длине корпуса судна. Другой особенностью АКТ, влияющей на комфортность, является разное расположение МО по длине судна. Отличающийся в той или другой степени АКТ отражается на условиях размещения пассажиров и площадях пассажирских палуб.

Зависимость удельной площади на одного пассажира ( $\bar{S}$ ) от пассажировместимости судна ( $n_{\text{пас}}$ ) показана на рисунке 1.

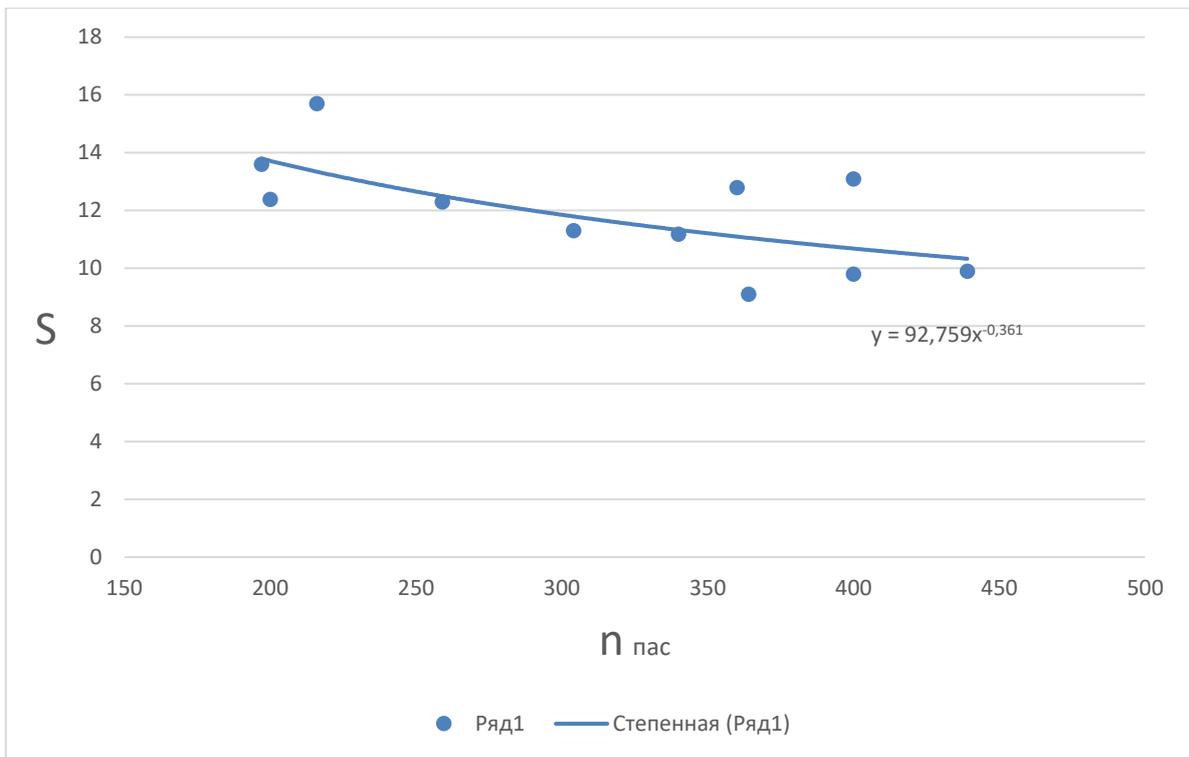


Рисунок 1 – Зависимость удельной площади на одного пассажира от общей пассажировместимости судна

Анализ зависимости, показанной на рисунке 1, позволяет сделать следующие выводы:

- в условиях, весьма ограниченных размерений речных судов не представляется возможным при заданной пассажировместимости делать каюты и общественные помещения бесконечно большой величины, поэтому при проектировании таких судов приходится искать компромиссы;

- с увеличением пассажировместимости в среднем имеет место тенденция по уменьшению удельной площади. Это является следствием более быстрого роста необходимой площади от числа пассажиров.

Кроме того, имеют место при одинаковой пассажировместимости отличия до 3–4 % по величине удельной площади, например, у судов проектов 26-37 и 92-016. Это можно объяснить тем, что на судах проекта 26-37 имеются каюты меньшей площади, но с большим числом мест, и меньшей комфортностью в сравнении с каютами и общественными помещениями судов проекта 92-016.

Ещё большие колебания по величине удельной площади имеет место при анализе её зависимостей от модуля  $L \times B$ , т. е. от условной площади главной палубы (рисунок 2).

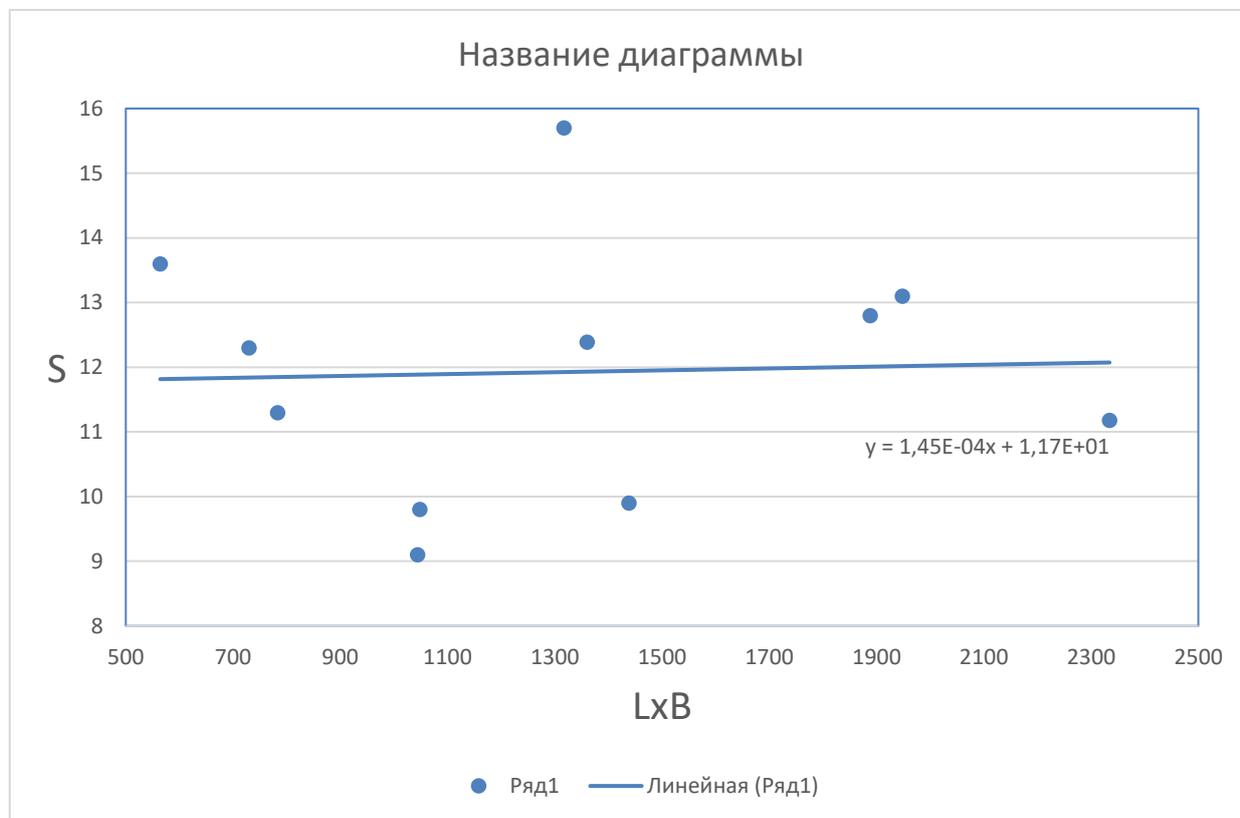


Рисунок 2 – Зависимость удельной площади на одного пассажира от модуля  $L \times B$

На основании данной зависимости сделан вывод, что при увеличении числа пассажиров уменьшается удельная площадь на одного пассажира независимо от модуля  $L \times B$ . Это связано с повышением уровня комфортабельности пассажирских судов, с ограничениями габаритов судового хода и, следовательно, самих судов, а также особенностями архитектуры каждого из проектов судов.

Аппроксимацию средних значений рассмотренных зависимостей можно представить математическими зависимостями, которые могут быть использованы на начальных стадиях проектирования для определения размерений судов:

$$\bar{S} = 92,759 \cdot n_{\text{пас}}^{0.361},$$

$$\bar{S} = 11,45 \cdot 10^{-4} \cdot (LxB) + 11,7.$$

Однако на основании проведенного выше графико-математического анализа, провести общую оценку уровня комфортности пассажирских судов в полном объеме не представляется возможным в связи с тем, что на уровень комфорта отдыхающих влияют и другие параметры индивидуальных особенностей судов, не зависящие от расчетных показателей. Такими особенностями являются: наличие санблоков и их оборудование; наличие систем кондиционирования; климат-системы; дизайн кают и отделочные материалы; наличие или отсутствие индивидуальных балконов; планировка и размещение общественных помещений; наличие бассейна и т. д.

Так, например, наличие индивидуальных балконов или открытых палуб является важным фактором у потенциальных клиентов при принятии решения о выборе теплохода.

Система кондиционирования на современных судах представляет собой автоматическую климат-систему, которая сама поддерживает заданную комфортную температуру воздуха в каюте.

Дизайн и площадь кают должны соответствовать современным требованиям и быть удобными для отдыха пассажиров.

Ресторан на пассажирском судне – это неотъемлемая часть отдыха пассажиров, поэтому к нему также предъявляется ряд требований по дизайну оформления, комфорту пассажиров, а также по уровню удобства работы в нем обслуживающего персонала.

Бары и конференц-залы на судне несут обычно не одно назначение, а несколько. Люди приходят туда не только для прямого назначения, а также для участия в культурно-массовых мероприятиях.

Что касается экипажа и обслуживающего персонала, то на современных круизных судах в настоящее время делаются специальные разграничительные зоны для минимизирования контакта их с отдыхающими, представлены они обычно отдельными входами и выходами, лестницами и коридорами.

Основываясь на перечисленных выше параметрах и особенностях, можно заключить, что на сегодняшний момент в качестве критерия оценки комфортабельности судов можно предложить использовать так называемую «пятизвездочную» систему, принятую для классификации береговых гостиниц. Условного разделения категорий комфортабельности пассажирских судов на 5 звезд придерживается сегодня и подавляющее большинство субъектов, задействованных в сфере обслуживания туристов. Как правило, уровень комфортабельности 1–2 звезды соответствует судам, которые работают на пассажирских транспортных линиях, 3–4 звезды соответствует круизным судам, которые предназначены для «познавательных круизов» – их основу составляют частые заходы в порты и береговое экскурсионное обслуживание, 5-звездочные суда, как правило, предназначены для отдыха пассажиров на борту судна и береговое экскурсионное обслуживание не является для данной категории судов принципиальным. В данной шкале количество звезд увеличивается в соответствии с повышением уровня конструктивной и сервисной комфортабельности судна.

Конструктивная комфортабельность – это совокупность показателей комфортабельности, которые конструктивно учитываются в процессе проектирования и строительства судна и являются неотъемлемой частью конструкции судна либо поставляются вместе с судном в виде оборудования. К конструктивным показателям комфортабельности относятся: габаритные размеры и значения относительных площадей внутренних помещений и открытых палуб; наличие систем и устройств, создающих благоприятные условия пребывания на судне и их рабочие параметры; уровни шума и вибрации; конструкция и оборудование кают и общественных помещений, в том числе эстетичность отделки и эргономичность планировки, архитектурно-планировочные решения. Показатели конструктивной комфортабельности судна, как правило, поддаются физическому учету и могут нормироваться.

Сервисная комфортабельность – это совокупность показателей комфортабельности, непосредственно связанных с обслуживанием пассажиров и бытовым обустройством помещений. Данные показатели могут не поддаваться физически

строгим оценкам и, как правило, оцениваются экспертно. К сервисным показателям комфортабельности относятся: уровень обслуживания туристов в каютах и общественных местах персоналом судна; бытовые услуги; наличие в каюте мелких бытовых предметов (одежная щетка, стаканы, пепельницы, корзина для мусора и т. п.) и туалетных принадлежностей (полотенце, салфетки, мыло, шампунь и т. п.); услуги питания; туристские услуги; уровень квалификации персонала; декоративное озеленение и наличие предметов искусства; «живое» музыкальное вещание (оркестр, отдельная игра на музыкальных инструментах).

При определении уровня комфортабельности пассажирского судна следует оценивать также и уровень дискомфорта, например, шум и вибрация от главных двигателей и т. п.

Показатели сервисной комфортабельности невозможно учесть непосредственным образом в виде числовых коэффициентов, поскольку их номенклатура и качество могут сильно меняться на протяжении эксплуатации судна. Однако, несмотря на это, их влияние на комфортабельность судна и его конструкцию достаточно велико.

Таким образом, показателей комфортабельности может быть большое количество, что не позволяет однозначно оценивать её для конкретного судна, так как критерии комфортности у разных судов разные. Для выхода из этой ситуации можно предложить, в качестве оценки уровня комфортабельности, исследовать конечный, совокупный способ, используемый для решения многокритериальных задач:

$$K = \sum a_i k_i,$$

где  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -й комфортабельности;  $k_i$  –  $i$ -й показатель комфортабельности, выраженный в баллах;  $k_1$  – показатель конструктивной комфортабельности – расположение МО и других технических помещений, являющихся источниками шума и вибрации, относительно помещений для пассажиров;  $k_2$  – показатель конструктивной комфортабельности – наличие санблоков, сплит-систем и других технических устройств, благоприятствующих комфорту

пассажиров;  $k_3$  – показатель сервисной комфортабельности – количество обсуждающего персонала на одного пассажира, насыщение кают предметами быта и т. д.

На основе полученного конечного общего показателя комфортабельности судну может быть присвоен класс звёздности, который будет отражать соответствие судна показателям конструктивной и сервисной комфортабельности и позволит более качественно оценить условия пребывания пассажира во время рейса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория комфортабельности пассажирского судна // Форум о речных круизах и речном судоходстве // Круизы и Судоходство. Форум интернет-портала INFOFLOT.RU, 2004. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://infoflotforum.ru/topic/> (дата обращения: 07.06.2023)

2. Оценка комфортабельности пассажирских судов // Форум речных путешественников, 2008. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://river-forum.ru/forum/> (дата обращения: 07.06.2023)

3. Речная справочная книжка корабельного инженера Е. Л. Смирнова [Электронный ресурс]. – URL: <http://russrivership.ru> (дата обращения: 07.06.2023)

## ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE COMFORT LEVEL OF PASSENGER INLAND NAVIGATION VESSELS

D. A. Mikheev, Yu. A. Kochnev, E. P. Ronnov

The paper considers the issues of the comfort level of passenger inland navigation vessels. The analysis of the characteristics associated with the comfort of existing vessels is carried out, and the corresponding dependency graphs are constructed. Methods for determining the main dimensions in the first approximation and methods for assessing the level of comfort for assigning the "stardom" class by analogy with the classification system of coastal hotels are also proposed.

УДК 664.

ГРНТИ 65.09

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРОШКОВ ИЗ СОЦВЕТИЙ РАСТЕНИЙ РОДА *TAGETES L.* В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА КАРОТИНОИДОВ

Н. И. Яблонский, Е. С. Землякова

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1, Россия;  
nikolaj.jablonskij@gmail.com, evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

*бархатцы, каротиноиды, порошок, технология, пищевая добавка*

### Введение

Бархатцы (*Tagetes L.*) – растения, относящиеся к семейству астровые (*Asteraceae*). Данное семейство одно из крупнейших в мире, насчитывает до 1300 родов и более 25000 видов. Род *Tagetes L.* включает от 26 до 30 видов. Произрастают в основном в Центральной Америке, откуда были привезены на другие континенты [1].

Растения данного рода имеют богатый химический состав, что обуславливает актуальность исследования по применению цветков в пищевой промышленности в качестве ценной пищевой добавки.

**Объект исследования:** растения рода *Tagetes L.*

### Цель и задачи исследования

Целью настоящей работы является проведение исследований по содержанию химических соединений в растениях рода *Tagetes L.* и описание технологических стадий подготовки сырья для использования в пищевых биотехнологиях

в качестве добавки – источника каротиноидов и других биологически активных веществ (БАВ).

### Методы исследований

Для достижения поставленной цели необходимо провести анализ научных источников о содержании химических соединений и БАВ в растениях рода *Tagetes L.*

Для описания технологии обработки соцветий бархатцев проведено изучение соответствующей литературы.

### Результаты исследований

При анализе литературных данных было выявлено, что цветки бархатцев обладают богатым химическим составом. В них присутствуют следующие группы веществ: фенольные соединения (хлорогеновая кислота, апигенин), каротиноиды (каротин, лютеин), флаваноиды (патулетин, патулетрин, рутин), эфирные масла (карвон, линалол), дубильные вещества, антоцианы [2, 3].

Общее содержание различных химических веществ цветков бархатцев представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание биологически активных веществ в цветках бархатцев [3]

Витаминный состав	Аминокислотный состав	Полисахаридный состав	Элементный состав
Токоферолы – 0,6 % Каротиноиды – 0,005 % Аскорбиновая кислота – 1,78 %	В наибольшем количестве: Глутаминовая кислота – 1,1 % Аспаргиновая кислота – 0,83 % Лейцин – 0,95 %	Водорастворимые полисахариды – 16,26 % Пектиновые вещества – 11,87 % Гемицеллюлоза А – 0,91 % Гемицеллюлоза Б – 0,55 %	Макроэлементы – 47,0 % в пересчете на золу Микроэлементы – 7,28 % в пересчете на золу

Основной упор в исследовании проводился на содержание каротиноидов в цветках растений. Количество этих соединений может варьироваться в зависимости от условий роста и, в частности, сортотипа растения. В связи с чем были изучены литературные источники по содержанию каротина в цветках бархатцев различных сортов. Данные представлены в таблице 2 [4].

Таблица 2 – Содержание каротина в соцветиях различных сортов бархатцев

Сортообразец	Вид	Окраска соцветий	Каротин, мг/кг
Монетта	<i>Tagetes patula</i>	Желто-бордовая	186
1	2	3	4
Золотой малыш	<i>Tagetes patula</i>	Желтая	176
Прима голд	<i>Tagetes patula</i>	Оранжевая	328
Саншайн	<i>Tagetes patula</i>	Желтая	144
Лимонный низкий	<i>Tagetes patula</i>	Желтая	146
Биколор	<i>Tagetes patula</i>	Оранжево-бордовая	114
Гармония	<i>Tagetes patula</i>	Коричнево-золотистая	216
Дэйнти Марриетта	<i>Tagetes patula</i>	Желто-оранжевая	165
Оранжевое пламя	<i>Tagetes patula</i>	Оранжевая	186
Медовые соты	<i>Tagetes patula</i>	Оранжево-желтая	114
Брокада	<i>Tagetes patula</i>	Оранжево-желтая	597
Купидо	<i>Tagetes patula</i>	Темно-бордовая	223
Золото Маккенны	<i>Tagetes patula</i>	Желто-бордовая	71
Лимончики	<i>Tagetes patula</i>	Лимонно-желтая	83
Супергигант	<i>Tagetes patula</i>	Оранжевая	113
Джоли Джестер	<i>Tagetes patula</i>	Оранжевая	95
Болеро	<i>Tagetes patula</i>	Желто-оранжевая	330
Кармен	<i>Tagetes patula</i>	Красно-коричнево-желтая	356
Черный бархат	<i>Tagetes patula</i>	Темно-бордовая	125
Валенсия	<i>Tagetes patula</i>	Золотисто-желто-оранжевая	211
София	<i>Tagetes patula</i>	Желто-оранжевая	121
Максимус	<i>Tagetes patula</i>	Оранжевая	434
Мистер Маджестик	<i>Tagetes patula</i>	Оранжево-желтая	502
Вишневым браслет	<i>Tagetes patula</i>	Темно-бордовая	639
Золотой купидон	<i>Tagetes erecta</i>	Желтая	107

1	2	3	4
Оранжевый купидон	<i>Tagetes erecta</i>	Ярко-оранжевая	431
Калиманджаро	<i>Tagetes erecta</i>	Белая	85
Родос	<i>Tagetes erecta</i>	Оранжевая	238
Мона желтая	<i>Tagetes erecta</i>	Желтая	103
Мона оранжевая	<i>Tagetes erecta</i>	Оранжевая	225
Улыбка	<i>Tagetes erecta</i>	Золотисто-желтая	140
Апельсин	<i>Tagetes erecta</i>	Оранжевая	259
Желтый камень	<i>Tagetes erecta</i>	Золотисто-желтая	105
Фантастик	<i>Tagetes erecta</i>	Ярко-оранжевая	395
Оранжевый принц	<i>Tagetes erecta</i>	Оранжевая	462
Золотой принц	<i>Tagetes erecta</i>	Желтая	95
Гавайи	<i>Tagetes erecta</i>	Оранжевая	479
Лулу	<i>Tagetes tenuifolia</i>	Желтая	104
Карина	<i>Tagetes tenuifolia</i>	Оранжевая	234

Исходя из данных таблицы, делаем вывод, что большее количество каротиноидов накапливают сорта, имеющие оранжевую и тёмно-бордовую окраску соцветий, меньшее – с белой и желтой окраской соцветий. Самый богаты вид по накоплению этих веществ – *Tagetes patula*.

Для использования бархатцев в качестве источника каротиноидов в технологии зефира соцветия растений необходимо высушить и измельчить.

Соцветия подвергают воздушно-теневого сушке. Данная сушка проводится под навесами, под тенью деревьев или в чистых проветриваемых помещениях. Соцветия необходимо раскладывать тонким слоем. Такое расположение позволяет не ворошить (перемешивать) сырье, тем самым сохраняя его целостность.

Оптимально использование оборудованных воздушных сушилок с навесами и стеллажами, на которые натягивают полотно или металлическую сетку.

Окончанием сушки считается такое состояние соцветий, при котором они легко измельчаются в порошок.

Для измельчения сухих соцветий бархатцев используют измельчители, в которых сырье измельчается под действием нескольких ножей, вращающихся с

большой скоростью. Получаемый порошок может быть использован в качестве добавки – источника каротиноидов.

Порошок из сушеных бархатцев имеет однородную консистенцию. В массе порошка из бархатцев должны отсутствовать посторонние включения. Цвет готового порошка зависит от используемого сорта бархатцев и варьируется от темно-оранжевого до светло-желтого. Порошок из соцветий имеет приятные, цветочно-фруктовые, пряные вкус и запах.

Внешний вид порошка представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Образец порошка из соцветий бархатцев *Tagetes patula*

Содержание витаминов и минеральных веществ в порошке из соцветий бархатцев представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание витаминов и минеральных веществ в порошке из соцветий бархатцев сушеных (на 100 г продукта) [5]

Наименование показателей	Содержание в порошке из бархатцев	Суточная норма потребления [6]
1	2	3
β-каротин, мг	30,87	5
Витамин В <sub>1</sub> (тиамин), мг	0,54	1,5
Витамин В <sub>2</sub> (рибофлавин), мг	0,9	1,8
Витамин В <sub>4</sub> (холин), мг	115,2	500
Витамин В <sub>5</sub> (пантотеновая), мг	10,4	5

Окончание таблицы 3

1	2	3
Витамин В <sub>6</sub> (пиридоксин), мг	0,9	2
Витамин В <sub>9</sub> (фолаты), мг	0,9	0,4
Витамин В <sub>12</sub> (кобаламин), мг	-	0,03
Витамин С, мг	216	90
Витамин D (кальфицирол), мг	-	0,01
Витамин E (альфа токоферол), мг	20,34	15
Витамин H (биотин), мг	-	0,05
Витамин K (филлохинон), мг	2,6	0,15
Витамин PP, мг	20	4,5
Калий, мг	3780	2500
Кальций, мг	900	1000
Магний, мг	270	400
Натрий, мг	405	1300
Фосфор, мг	423	800
Железо, мг	8,1	18
Марганец, мг	3,8	2
Медь, мг	2,6	1
Селен, мг	0,4	0,05
Цинк, мг	2,5	12

Из данных таблицы видно, что порошок из соцветий бархатцев является источником  $\beta$ -каротина, а также витаминов В<sub>5</sub>, В<sub>9</sub>, С, Е, К, РР. Среди минеральных веществ порошок из соцветий бархатцев является источником калия, марганца, меди и селена. Наибольшую ценность среди углеводов порошка бархатцев представляют пищевые волокна. Их содержание составляет 36 г/100 г, это достаточно высокое значение, если учесть, что суточная потребность в пищевых волокнах взрослого человека составляет 20–25 г [5, 6].

## Заключение

Растения рода *Tagetes L.* являются перспективным сырьем для использования в качестве источника биологически активных веществ. Больше каротина накапливают сорта, имеющие оранжевую и тёмно-бордовую окраску соцветий, меньше – с белой и желтой окраской. Больше всего каротина накапливают сорта вида *Tagetes patula*.

Описаны технологические стадии подготовки соцветий бархатцев для использования в качестве пищевой добавки в технологии зефира. Соцветия подвергают воздушно-теневого сушке. Сушка считается законченной, когда цветки растираются в порошок. Высушенные соцветия измельчают на специальном оборудовании. Полученный порошок используют в качестве добавки.

Дана характеристика получаемому порошку из соцветий бархатцев. Порошок из сушеных бархатцев имеет однородную консистенцию. В массе порошка из бархатцев должны отсутствовать посторонние включения. Цвет готового порошка зависит от используемого сорта бархатцев и варьируется от темно-оранжевого до светло-желтого. Порошок из соцветий имеет приятные, цветочно-фруктовые, пряные вкус и запах. Он содержит большое количество  $\beta$ -каротина, витаминов (В<sub>5</sub>, В<sub>9</sub>, С, Е, К, РР), минеральных веществ (калий, марганец, медь, селен) и пищевых волокон.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Классификатор рода *Tagetes L.* (Бархатцы). – Ленинград: ВИР, 1988. – 15 с.
2. Малюгина, Е. А. Определение содержания флавоноидов в липофильном экстракте из соцветий бархатцев прямостоячих (*Tagetes Erecta L.*) / Е. А. Малюгина, Г. П. Смойловская // Republican scientific journal. – 2017. – № 4. – С. 32–33.

3. Подгорная, Ж. В. Исследование цветков бархатцев распростертых (*Tagetes patula* L.) с целью получения биологически активных веществ: дис. ... канд. фарм. наук / Подгорная Жанна Валериевна. – Пятигорск: 2009. – 145 с.

4. Efecto de *Tagetes* spp. Sobre dos afidos plagas de *Lactuca sativa* (L.) / S. Russo, S.M. Rodriguez, S. Delfino, M. Badiola // Rev. Fac. Cienc. Agr. – 2005. – Vol.37, Nr. 1. – 55–59 p.

5. Лечебные свойства, применение и противопоказания бархатцев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://healthdiet.ru/table\\_calorie\\_users/1869447/](https://healthdiet.ru/table_calorie_users/1869447/).

6. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». – Москва: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021.

STUDYING THE POSSIBILITY OF USING POWDERS  
FROM INFLORESCENCES OF PLANTS OF THE GENUS TAGETES L.  
AS A SOURCE OF CAROTENOIDS

N. I. Yablonskij, E. S. Zemlyakova,

The article analyzes the chemical composition of powders from the marigold inflorescence and describes the properties of biologically active substances of these plants. The characteristic of technological processing for obtaining powders from marigold inflorescences is given. An organoleptic assessment is given. The vitamin and mineral composition of the powders is given.

According to the research results, the functionality of the resulting marshmallows of reduced energy value with the addition of vegetable raw materials is justified.

УДК 519.677

ГРНТИ 44.29.00

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НА УЧАСТКЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 0,4 КВ ПОСЕЛКА БОЛЬШОЕ ИСАКОВО

М. А. Магасумов, А. В. Снытников

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,  
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1, Россия;  
magasumov-maksim@mail.ru

*данные по электропотреблению, модель ARIMA, прогнозирование, рекуррентные нейронные сети, точность прогнозирования, распределительная сеть 0,4 кВ*

С каждым годом в России уровень электропотребления растет, это связано с увеличением граждан РФ и ростом количества предприятий и мощности современных бытовых приборов. В таком случае обретает актуальность вопрос предсказания электрических нагрузок. Прогнозирование помогает оптимизировать работу сети, также с помощью прогнозирования возможно предсказать рост или снижение потерь электрической энергии, так как часть этих потерь зависит от величины нагрузки.

В данной работе выполнен прогноз электропотребления участка распределительной сети 0,4 кВ пос. Большое Исаково. Актуальность прогнозирования данного участка сети обусловлена высоким уровнем электрических потерь. Для принятия решения о вариантах реконструкции необходимо оценить объективность данных решений с помощью предсказания.

Данные об электропотреблении на участке распределительной сети пос. Большое Исаково были предоставлены Гурьевским сетевым участком Западного РЭС. На рисунке 1 представлены данные по нагрузке в период с 2020 по 2023 г.

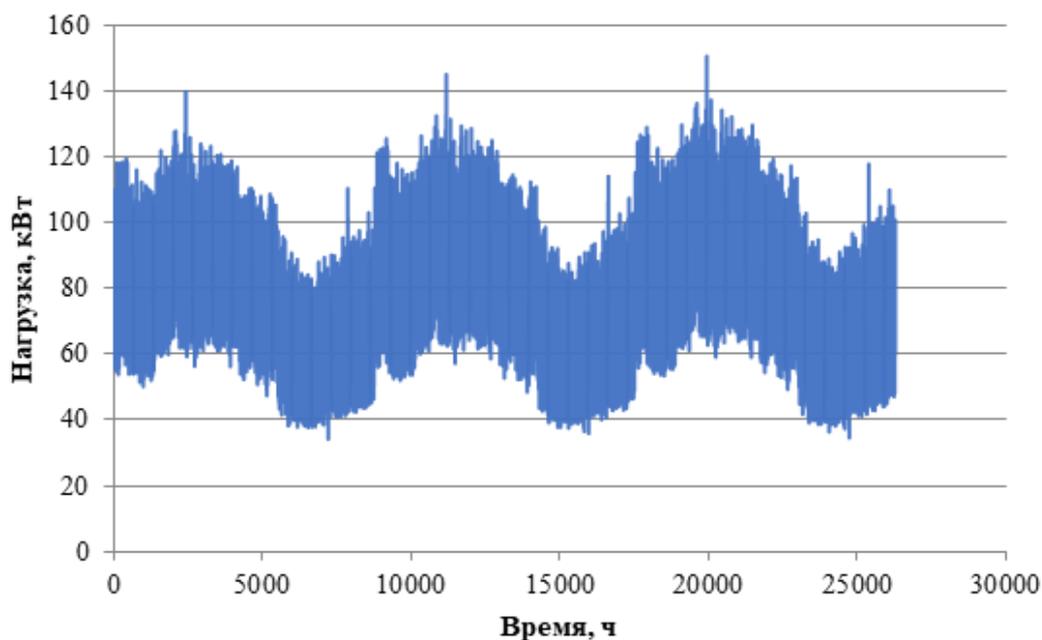


Рисунок 1 – Данные по электропотреблению в течение трех лет

Анализ данных по электропотреблению показывает рост суммарной годовой нагрузки за каждый год, что означает рост потерь, зависящих от величины нагрузки.

Анализ временных рядов, а также их прогнозирование осуществляется с помощью языка программирования Python. Данный язык является простым для усвоения, и в нем содержится огромное количество библиотек, необходимых для анализа данных [1].

Чтобы предсказать электрические нагрузки, необходимо выбрать модель прогнозирования временного ряда. Существует достаточно много моделей, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Модели для прогнозирования временных рядов

Модели для прогнозирования временных рядов	Преимущества	Недостатки
Регрессионные модели прогнозирования	Простота, гибкость	Основаны на предположениях, линейность
Авторегрессионные модели	Учитывают закономерности временного ряда, легко интерпретируемы	Не учитывают внешние факторы, требуют стационарности
Модели экспоненциального сглаживания	Простота, гибкость, подходят для коротких временных рядов	Ограничения на сложность модели, неэффективны на длинных временных рядах
Модель на нейронных сетях	Высокая гибкость и способность к обучению, высокая точность	Требовательность к вычислительным ресурсам, требуют больших объемов данных
Модель на цепях Маркова	Простота, эффективность, интерпретируемость	Ограниченность зависимостей, неэффективность при большом количестве состояний
Модель на классификационно-регрессионных деревьях	Простота интерпретации, обработка числовых и категориальных данных	Неустойчивость к шуму, склонность к сложным моделям

Согласно исследованиям [2–7] наиболее эффективными моделями для долгосрочного прогнозирования электрических нагрузок являются модель ARIMA и модель на рекуррентных нейронных сетях.

ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) – это статистическая модель для анализа и прогнозирования временных рядов. Модель ARIMA объединяет в себе авторегрессионную (AR) и скользящее среднее (MA) компоненты, а также дифференцирование, которое позволяет сделать временной ряд стационарным [2].

Математический аппарат этой модели можно описать с помощью формулы (1):

$$\Delta^d X_t = c + \sum_{i=1}^p a_i \Delta^d X_{t-i} + \sum_{j=1}^q b_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_t$  – стационарный временной ряд;  $c$ ,  $a_i$ ,  $b_j$  – параметры модели;  $\Delta^d$  – оператор разности временного ряда порядка  $d$ .

Помимо модели ARIMA для предсказания значений временных рядов возможно использование различных видов нейронных сетей. Нейронные сети показывают высокую эффективность в вопросах прогнозирования, также они способны к обучению, что только увеличивает их точность [3]. Широкое распространение получили рекуррентные нейронные сети использующие долговременную память LSTM [3–5]. На рисунке 2 представлена структура рекуррентной нейронной сети на LSTM.

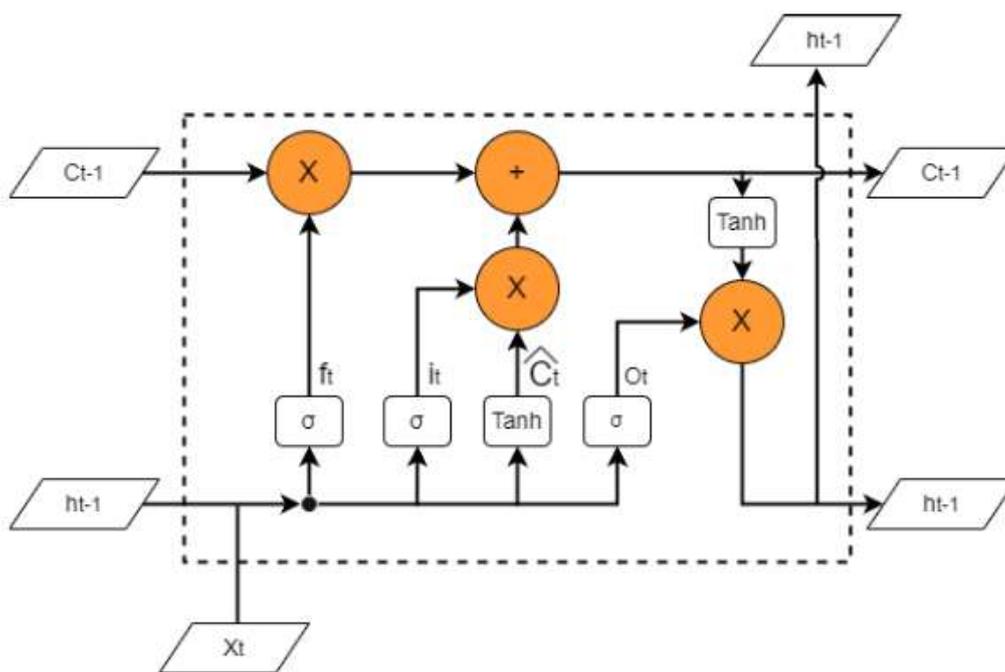


Рисунок 2 – Структура блока

В работе [6] сравнивалась точность прогноза модели на нейронной сети и модели ARIMA. Был выполнен краткосрочный суточный прогноз с помощью

каждой модели. Исходными данными для предсказания являлся график потребления активной мощности на подстанции 220 кВ в Западной зоне (рисунок 3). Результаты сравнения приведены на рисунке 4.

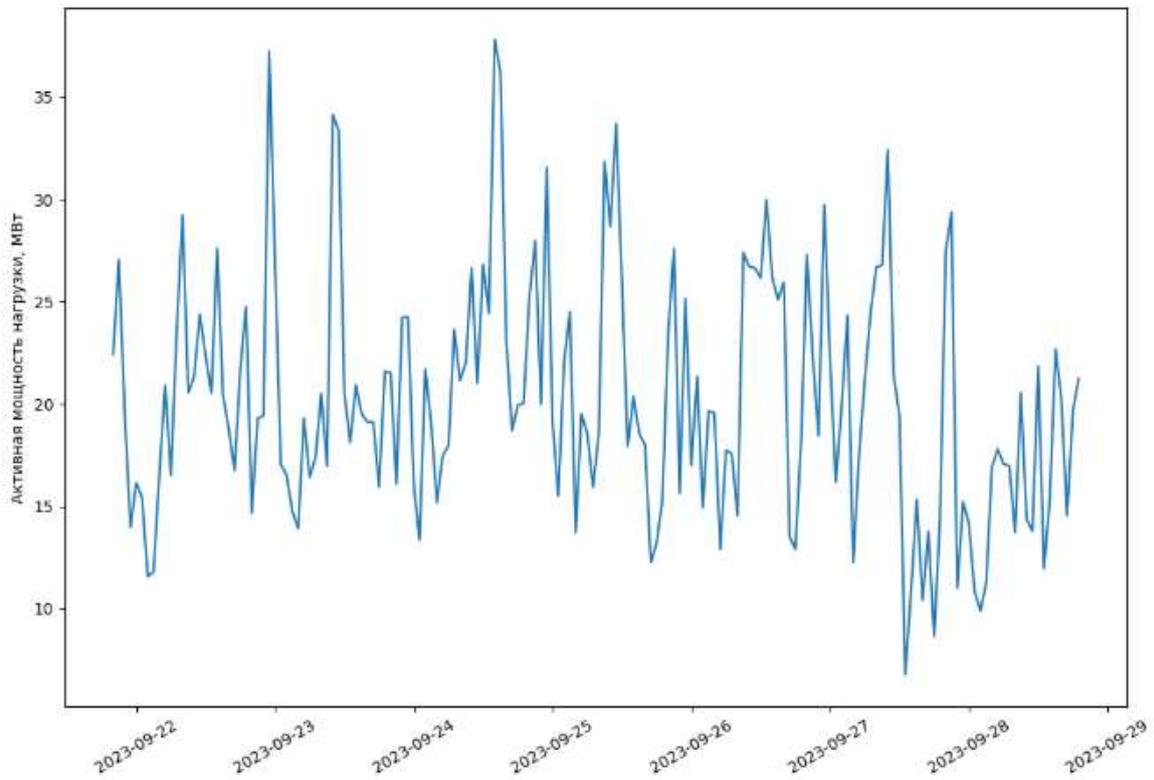


Рисунок 3 – Потребление активной мощности на подстанции



Рисунок 4 – Результаты сравнения

Точность прогноза для двух моделей различалась почти в три раза. Точность модели на нейронной сети составила 94,43 %. Точность прогноза на ARIMA составила 82,3 %. Такая существенная разница объяснима лишь особенным характером графика потребления активной мощности.

В другом случае, показанном в работе [7], было выполнено предсказание суммарной годовой электрической нагрузки промышленного предприятия в срок на восемь лет. Результаты долгосрочного прогнозирования показаны на рисунке 5.

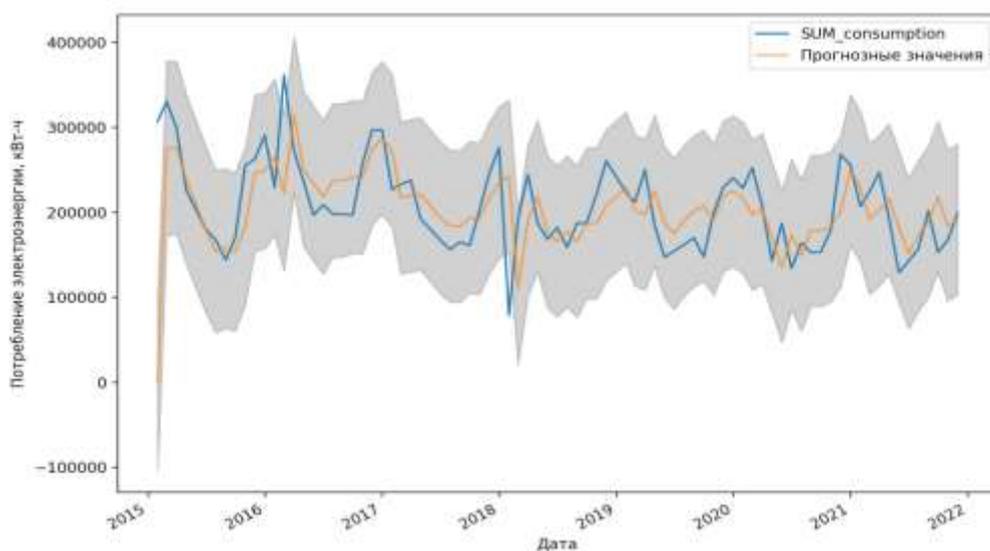


Рисунок 5 – Прогноз электрической нагрузки промышленного предприятия с помощью ARIMA

Ошибка долгосрочного прогнозирования составила 16 %, что является хорошим результатом при предсказании нагрузок на несколько лет вперед.

Согласно обзору публикаций нейронные сети достаточно эффективны в вопросах краткосрочного и среднесрочного прогнозирования. Модель ARIMA хорошо показывает себя в долгосрочном прогнозировании.

Для сравнения точности долгосрочных прогнозов двух моделей были использованы данные электропотребления участка распределительной сети пос. Большое Исаково, предоставленные Гурьевским сетевым участком Западного РЭС. На основе нагрузочных данных в период с 2020 по 2022 г. был выполнен прогноз на двух моделях. Результаты прогноза представлены на рисунках 6

и 7. Прогнозы были выполнены на срок в шесть месяцев для 2023 г. Результаты предсказаний сравнивались с реальными значениями электропотребления за 2023 г.

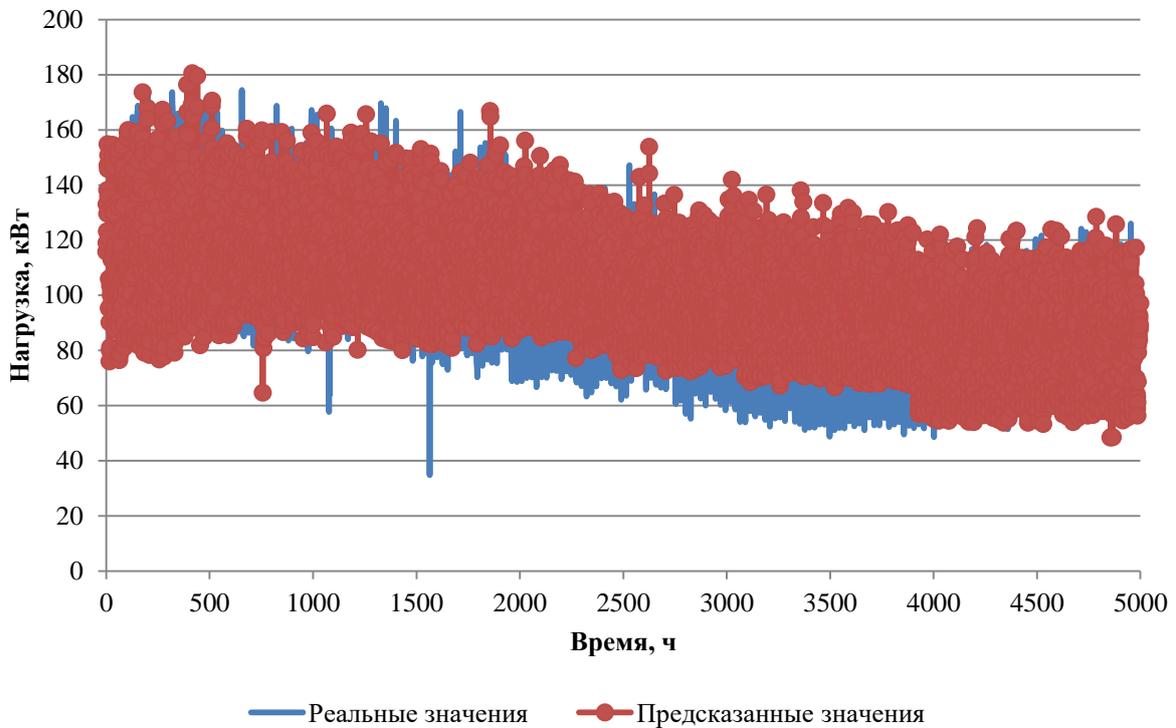


Рисунок 6 – Прогноз на модели ARIMA

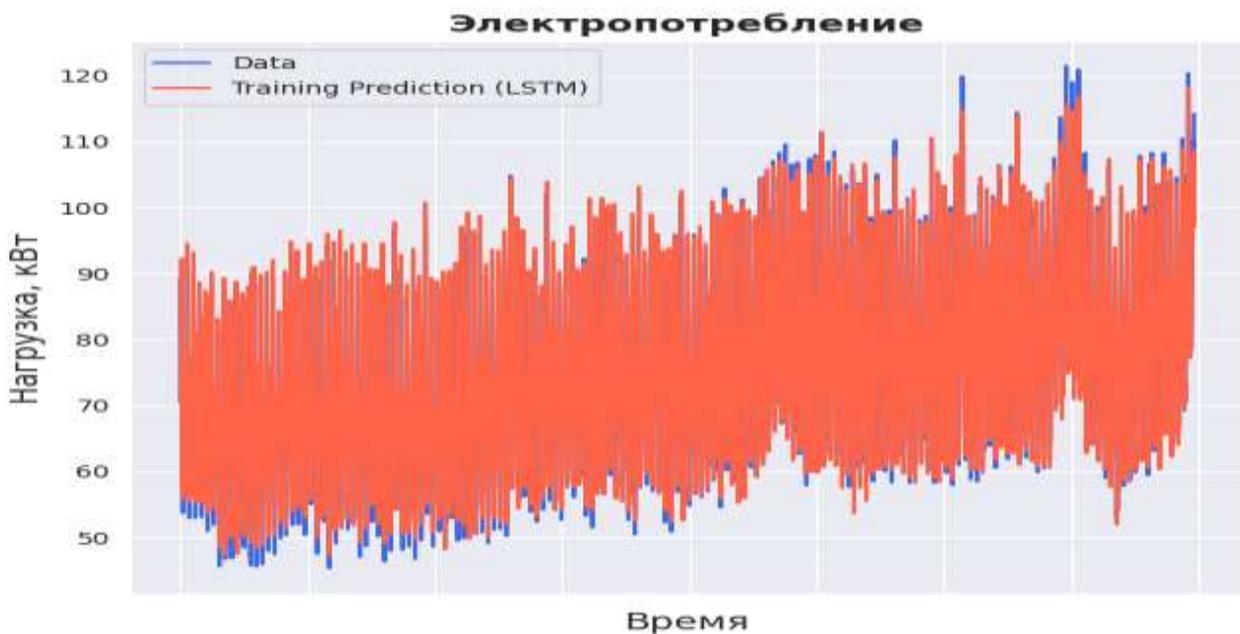


Рисунок 7 – Прогноз на рекуррентной нейронной сети

Точность прогноза вычисляется с помощью средней абсолютной ошибки MAPE, выраженной в %. MAPE рассчитывается согласно формуле (2):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|A_i - F_i|}{\max(\epsilon, A_i)}, \quad (2)$$

где  $A_i$  – фактическая величина;  $F_i$  – прогнозная величина;  $n$  – общее количество наблюдений;  $\epsilon$  – произвольное небольшое положительное число, необходимое для избежания деления на ноль.

Результаты сравнения точности двух моделей представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет точности моделей прогнозирования

Модели для прогнозирования временного ряда	Средняя абсолютная ошибка в %
Модель ARIMA	12,5
Модель на нейронных сетях	15,3

Модель ARIMA оказалась эффективнее в вопросе долгосрочного прогнозирования, поэтому она была выбрана для предсказания электропотребления на исследуемом участке сети. На основе данных по электропотреблению в течение трех лет на участке сети 0,4 кВ пос. Большое Исаково был выполнен почасовой прогноз нагрузок на срок в шесть месяцев на 2024 г. (рисунок 8).

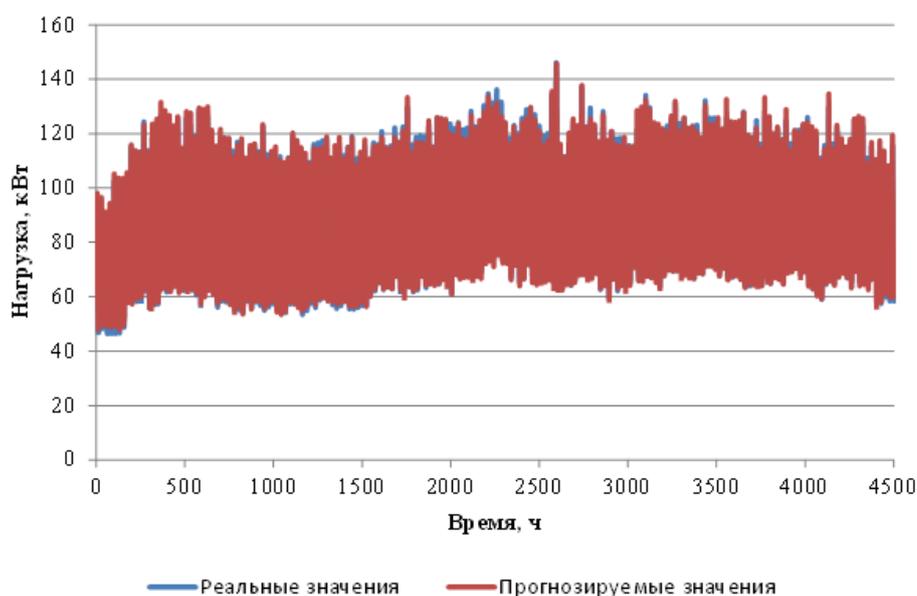


Рисунок 8 – Прогноз на 2024 год

Прогнозируемые значения сравнивались с реальными значениями за шесть месяцев такого же периода. Результаты анализа предсказаний представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты анализа предсказания нагрузок

Рост максимальной нагрузки, %	Рост минимальной нагрузки, %	Изменение суммарного электропотребления, %
3,40	2,80	1,37

Согласно прогнозу, ожидается небольшой рост электрической нагрузки на исследуемом участке сети, что может привести к росту потерь, зависящих от нагрузки, следовательно, для оптимизации режима работы данной сети и качественного функционирования необходимо принять меры по снижению потерь электрической энергии, учитывая перспективный рост электрической нагрузки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моргоева, А. Д. Прогнозирование электрической нагрузки методом авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего / А. Д. Моргоева, И. Д. Моргоев, Р. В. Ключев // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2022. – № 2(28). – С. 111–117.

2. Прогнозирование нагрузок в электрических сетях с использованием рекуррентных нейронных сетей в условиях недостаточности информации о параметрах потребления / Е. К. Кенесов, Д. С. Васильев, К. К. Тохтибакиев, А. З. Ильясов // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – 2023. – № 4 (64). – С. 5–19.

3. Alotaibi M. A. Machine Learning Approach for Short-Term Load Forecasting Using Deep Neural Network // Energies. – 2022. – Т. 15, No. 17. – С. 62–61.

4. Xiao X. et al. Meta-ANN—A dynamic artificial neural network refined by meta-learning for Short-Term Load Forecasting // *Energy*. – 2022. – T. 246. – C. 123–418.

5. Velasco L. C. P., Arnejo K. A. S., Macarat J. S. S. Performance analysis of artificial neural network models for hour-ahead electric load forecasting // *Procedia Computer Science*. – 2022. – T. 197. – C. 16–24.

6. Her O. Y. et al. Artificial neural network based short term electrical load forecasting // *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*. – 2022. – T. 13, No. 1. – C. 586.

7. Zhang S. et al. Electric power load forecasting method based on a support vector machine optimized by the improved seagull optimization algorithm // *Energies*. – 2022. – T. 15, No. 23. – C. 91–97.

## FORECASTING ELECTRICITY CONSUMPTION IN THE 0.4 KV SECTION OF THE 0.4 KV DISTRIBUTION NETWORK OF THE BOLSHOYE ISAKOVO VILLAGE

M. A. Magasumov, A. V. Snitnikov

Currently, Russia is experiencing an increase in electricity consumption, which is associated with population growth and an increase in the number of enterprises. The growth of electricity consumption affects the level of electric losses, as part of the losses depends on the size of the load. In such a case, the issue of forecasting electricity consumption becomes relevant. With the help of forecasting it is possible to optimize the network operation, to make decisions on reduction of electric power losses in case of perspective growth of electric loads, to prevent overloads and emergency situations, as well as to reduce the costs of production and transmission of electric power. The paper analyzes the existing models of time series forecasting. The results of the analysis of the power consumption schedule of the 0,4 kV distribution network section of the Bolshoe Isakovo settlement are presented. The forecast of power consumption of this section for 4 months in advance is performed.

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ОТРАСЛИ

Редактор Е. Билко

Подписано в печать 08.07.2024 г. Формат 60 × 90 1/16.  
Уч.-изд. л. 3,3. Печ. л. 4,7. Тираж 30 экз. Заказ № 55

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
236022, Калининград, Советский проспект, 1