



научно-практический  
журнал

№3 (22) 2022

ISSN 2306-0581

# НАНО технологии:

**НАУКА  
И ПРОИЗВОДСТВО**



Целью междисциплинарного теоретического и прикладного научно-технического журнала «НАНОТЕХНОЛОГИИ НАУКА И ПРОИЗВОДСТВО» является освещение современного состояния, перспектив и тенденций развития нанотехнологий, представление результатов исследований и разработок, а также их внедрения в различные области науки, технологии и производства, в том числе технических наук, информационных технологий.

Журнал направлен на создание благоприятной информационной среды для формирования в России экономически эффективного, максимально безопасного для человека и экологии народного хозяйства, основанного на широком использовании новых технологий, инноваций.

Журнал ориентирован на широкий круг авторов: студентов, аспирантов, инженеров, научных сотрудников и преподавателей, независимых исследователей в области технических наук и т.д.

**Языки:** Русский, английский

**Количество статей в журнале:** 35. **Количество выпусков в год:** 4

**Журналу присвоен ISSN печатной версии 2306-0581**

Журнал печатается в г. Ростове-на-Дону

**Разделы и рубрики журнала:**

- Технические науки, разработки
- Информационные технологии, информатика
- Организация производства
- Инновационные технологии и решения

**Учредитель:** ООО «Девять линий»

**Издатель:** ООО «Девять линий», Юридический адрес: ул. 9я линия, д. 72, г. Ростов-на-Дону, Ростовская область, Россия, 344019

## **ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:**

### **БОРОВИЦКАЯ ЮЛИЯ ВИТАЛЬЕВНА**

К.п.н., доцент кафедры социальной работы, ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный социально-педагогический университет

## **РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

### **Бударин Евгений Леонидович**

Доцент кафедры строительства и кафедры дизайна, Северо-Кавказский федеральный университет

### **Григорьев Игорь Владиславович**

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ТЛП СПбГЛТУ. Эксперт Федерального реестра научно-технической сферы. Член экспертного совета Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации по инженерным агропромышленным наукам

### **Уразаков Камил Рахматуллович**

Кандидат технических наук, профессор кафедры машины и оборудование нефтегазовых промыслов, УГНТУ

### **Хахина Анна Михайловна**

Доктор технических наук, доцент кафедры «Компьютерные интеллектуальные технологии», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт компьютерных наук и технологий (ИКНТ)

### **Ксенофонтова Татьяна Кирилловна**

Кандидат технических наук, профессор, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

### **Леонтьева Светлана Валерьевна**

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная экология» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

## СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА:

### **ИНФОМАТИКА**

Шилова Светлана Михайловна. ВОЗМОЖНОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ НА ВЕБ-СТРАНИЦАХ СЕТИ ИНТЕРНЕТ **7**

### **ОРГАНИЗАЦИЯ, ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА**

Газдиев Амаль Идрисович. ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ГРП НА ТЕКУЩЕЙ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ УРЕНГОЙСКОГО НГКМ **12**

Газимагомедова Алина Омариевна, Чичова Ольга Александровна. СИСТЕМА СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА В ПАО «ГАЗПРОМ» **17**

Корнева Полина Андреевна. ТРЕБОВАНИЯ К РАЗВИТИЮ СОЛНЕЧНОЙ И ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ **20**

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

Авдеев Антон Александрович, Хохлов Алексей Леонидович. АНАЛИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОСИЛОК **24**

Баженов Олег Елисеевич, Смирнов Сергей Васильевич, Ельников Андрей Владимирович. ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ОЗОНА: СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НЕЗАВИСИМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НАД ТОМСКОМ. **29**

Величко Владислав Алексеевич, Сабуров Вадим Сергеевич. ОБРАБОТКА МАТРИЦЫ ТЕМПЕРАТУР ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ MLX90640 И RASPBERRY PI **36**

Галиуллина Эльмира Рамилевна. СИСТЕМЫ ДАТЧИКОВ И ПРИБОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ **42**

Забело Александр Николаевич, Снежко Виктор Канистратович, Горанько Сергей Александрович, Таиров Рашид Зейналович, Орлов Евгений Васильевич. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РЕАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ ЗЕМНОЙ СТАНЦИИ И РЕТРАНСЛЯТОРА СВЯЗИ РАДИОЛИНИИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ **45**

Иванов Данила Валерьевич, Танеева Алина Вячеславовна. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ	<b>51</b>
Макеев Андрей Николаевич. ИМПУЛЬСНАЯ ПОДАЧА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	<b>55</b>
Сергеев Владимир Анатольевич. ШКАЛЫ И ИХ ФРЕЙМЫ В ГЕОКАТАСТРОФИКЕ	<b>59</b>
Сергеев Владимир Анатольевич. ШКАЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ИХ МНОГОЗНАЧНОСТЬ	<b>65</b>
Соколова Виктория Максимовна, Степыкин Антон Викторович, Тарлаковская Елена Александровна. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ	<b>70</b>
Шатров Александр Федорович. ПРИМЕНЕНИЕ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АПК	<b>76</b>
<b>ТРАНСПОРТ</b>	
Ульянов Артём Михайлович, Новикова Виктория Ивановна, Егорова Наталья Юрьевна. РЕЛЬСОВЫЙ ТРАНСПОРТ КАК МЕТОД ОБЪЕДИНЕНИЯ АГЛОМЕРАЦИИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ	<b>85</b>



# ***ИНФОРМАТИКА***

УДК 004.774.6

## ВОЗМОЖНОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ НА ВЕБ–СТРАНИЦАХ СЕТИ ИНТЕРНЕТ

**Шилова Светлана Михайловна**

*Студентка, ФГБОУ ВО "Волгоградский государственный  
социально–педагогический университет"*

*В статье обозначена сущность сети Интернет. Выделены функции инфографики, представлено определение визуализации и цель визуализации данных. Определены направления и примеры визуализации данных, также типы визуализации информации. Обозначены проблемы восприятия информации пользователем. Раскрыты возможности визуализации данных на веб–страницах в сети Интернет. Сформулированы правила визуализации информации. Рассмотрены способы представления информации на веб–странице в сети Интернет.*

**Ключевые слова:** интернет, визуализация, данные, веб–страница, возможности визуализации, визуализация данных, визуализация информации, информация, компьютер, инфографика.

На сегодняшний день люди не могут обойтись без сети Интернет, хотя в 1992 году его использовали только 100 человек, целью которых была работа. Сейчас же у каждого человека есть возможность быстро и без особых усилий найти любую информацию за небольшой промежуток времени.

Под термином "Интернет" принято понимать глобальную систему компьютерных сетей, объединенных между собой. Такая система основана на маршрутизации пакетов данных и использовании протокола IP [3, с. 74].

Diogenes Hamilton отмечает, что Интернет – основа сети, открывающая возможность существования Всемирной Паутины; это глобальная сеть компьютеров, которые имеют возможность взаимодействовать друг с другом.

Говоря об Интернете как о глобальном объединении сетей, следует упомянуть, что эти сети включают в себя различные ресурсы и принадлежат разнообразным организациям, например, образовательным. Владельцы сетей придерживаются сохранения единства, которое основано на добровольных договоренностях. Так, сеть Интернет объединяет в себе тысячи компьютерных сетей (домашних, научных, правительственных и корпоративных) [1].

Специалисты отмечают, что всякий инструмент, попавший в руки человека, требует определенного подхода, что не обошло стороной и виртуальную реальность [3, с. 75]. В отношении Интернета это можно сказать про визуализацию информации.

Так, К.В. Нефедьева считает, что инфографика является новым способом, который открывает возможность донесения информации с помощью визуальных образов. Такой инструмент необходим для того, чтобы [6, с. 89]:

- собрать информацию большого объема;
- компактно описать составляющие сложного процесса;
- продемонстрировать алгоритм работы чего–либо;

- отобразить тенденцию развития объекта;
- показать связь между предметами.

Визуализацию данных можем рассматривать как новейший эквивалент визуальной коммуникации, который находит применение во многих областях, например, в виде направления описательной статистики. Она подразумевает формирование и исследование визуального представления данных.

Для передачи информации как объекта, который содержится в графике, используют метод визуализации данных. В таком случае цель – передача данных четко и эффективно для пользователей. Для того, чтобы обеспечить понимание передаваемой информации, необходимо учитывать, что функциональность и эстетичный вид связаны между собой и в равной мере должны учитываться. На протяжении истории человек зависел от визуального представления информации, так как это позволяет воспринимать данные быстро и просто. Визуализация может быть источником информации, которую люди не замечали ранее. Она помогает передавать данные универсальным способом, доступным для всех.

Специалисты выделяют множество направлений визуализации. К визуализации данных относятся: карты и картограммы, дашборды, интерактивные истории, медицинская и научная визуализация, схемы, презентации и анализ данных, диаграммы и графики.

Выделяют следующие типы визуализации информации [7]:

- Форма, которая улучшает восприятие и анализ данных – график с параллельными осями, карта, временная линия, диаграмма Эйлера.
- Схематичная форма – таблица, линейные и круговые диаграммы, гистограммы и точечные графики.
- Стратегическая визуализация – графики структур организаций, диаграммы производительности.
- Комбинированная визуализация – объединение нескольких графиков в одну схему, например, карта с прогнозом погоды.
- Метафорическая визуализация – пирамиды, карты данных, деревья.
- Концептуальная визуализация – диаграмма Ганта, графы с минимальным путем.

Сеть Интернет включает в себя различные ресурсы, которые регулярно обновляют данные, но при этом основная часть информации представлена в виде текста. В свою очередь структурированная информация предлагается в виде таблиц.

Из-за преобладания на веб-страницах текста и таблиц возникают сложности в понимании пользователями необходимой для них информации, что порождает потребность в визуализации. Перед создателем страницы встает задача – создать инфографику не только удобной и практичной, но и интересной для пользователя, обращающегося к веб-страницам [5, с. 12].

Востребованность решения рассматриваемой проблемы должна гарантировать поддержку пользователя в процессе восприятия, понимания и переработки информации. Решение этой проблемы даст возможность уменьшить усилия по выполнению когнитивных задач, если сравнивать с представлением информации в виде текста и таблиц [2, с. 2].

Под визуализацией данных Т.А. Ефимова понимает визуальный образ, который соответствует набору данных. Существуют различные типы представления визуализации – интерактивные диаграммы, графические изображения, видео [5, с. 12].

Инфографика открывает перед пользователем возможность увидеть особенности и выделить закономерности в значительных объемах информации.

Е.В. Богданова и Е.И. Горожанина говорят, что визуализация упрощает формирование гипотез, предоставляет возможность воспринимать большой объем информации и упрощает восприятие данных [4].

Представление информации на веб-странице может быть осуществлено следующими способами:

- VML – устаревшая технология от Microsoft, использование которой будет уместно для работы веб-страницы в браузере Internet Explorer (до 10 его версии);
- Canvas – открывает возможность визуализировать большие объемы информации с помощью рисования, изменения цвета или фона;
- HTML – предоставляет возможность изобразить простой bar-chart с помощью HTML-тегов и каскадных таблиц стилей CSS;
- WebGL – открывает возможность визуализировать информацию с помощью трехмерной графики;
- SVG – векторная графика, которая обещает четкое изображение, не смотря на используемый масштаб.

При желании и возможностях все вышеназванные варианты можно совмещать друг с другом.

В повседневной реальности мы привыкли, что определенное сообщение необходимо донести до определенного человека в определенное время. При визуализации информации существуют следующие правила:

- опираясь на цель, выбрать подходящий график;
- убедить в согласованности посылы передаваемой информации с интересами и возрастом аудитории;
- качественно и аккуратно оформить задуманный график.

Если один из этих пунктов потеряется при визуализации данных, может возникнуть не только непонимание, но и обратное осмысление информации, нежели задумывалось заранее.

Таким образом, визуализация данных предоставляет различные возможности для представления информации на веб-страницах сети Интернет, что придает интерес и упрощает жизнь пользователя, обращающегося к той или иной странице.

## ЛИТЕРАТУРА

1. How does the Internet work? 2020. URL: [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Common\\_questions/How\\_does\\_the\\_Internet\\_work](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Common_questions/How_does_the_Internet_work) (дата обращения: 30.12.2022).
2. Афанасьев А.А. Технология визуализации данных как инструмент совершенствования процесса поддержки принятия решений // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4–1(31). С. 60.
3. Бастрикова А.А., Булгакова М.В. Роль интернета в современной жизни // Вестник Совета молодых учёных и специалистов Челябинской области. 2015. №3(10). С. 74–76.
4. Богданова Е.В., Горожанина Е.И. Визуализация данных 3D: учебное пособие. Самара: ПГУТИ, 2018. 84 с.

5. Ефимова Т.А. Визуализация данных на сайтах интернета: общие понятия и технология представления табличных данных в виде интерактивного дерева // Студенческий электронный журнал СТРИЖ. 2019. №4–2(27). С. 12–17.

6. Нефедьева К.В, Инфографика визуализация данных в аналитической деятельности // Труды Санкт–Петербургского государственного института культуры. 2013. С. 89–93.

7. Что такое визуализация данных: какая она бывает и не бывает. 2015. URL: <https://revalthedata.com/blog/all/chto-takoe-vizualizaciya-dannyh-kakaya-ona-byvaet-i-ne-byvaet/> (дата обращения: 30.12.2022).

---

## **DATA VISUALIZATION CAPABILITIES ON INTERNET WEB PAGES**

**Shilova S.M.**

The article outlines the essence of the Internet. The functions of infographics are highlighted, the definition of visualization and the purpose of data visualization are presented. Directions and examples of data visualization are defined, as well as types of information visualization. The problems of information perception by the user are indicated. The possibilities of data visualization on web pages on the Internet are revealed. The rules of information visualization are formulated. The ways of presenting information on a web page on the Internet are considered.

**Keywords:** internet, visualization, data, web page, visualization capabilities, data visualization, information visualization, information, computer, infographics.



***ОРГАНИЗАЦИЯ,  
ТЕХНОЛОГИИ  
ПРОИЗВОДСТВА***

УДК 62

## ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ГРП НА ТЕКУЩЕЙ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ УРЕНГОЙСКОГО НГКМ

**Газдиев Амаль Идрисович**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

*Методы воздействия на продуктивные пласты предназначены для увеличения производительности скважин и повышения газо- и нефтеотдачи пластов. Особое значение это имеет на текущей поздней стадии разработки нижнемеловых отложений Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения, характеризующихся многопластовостью, неоднородностью, сложным литолого-фациальным строением и наличием зон двухфазного (газ, вода) насыщения.*

*В соответствии с геолого-физической характеристикой нижнемеловых отложений, разработку продуктивных пластов предусматривается осуществлять с применением технологий повышения продуктивности скважин.*

*Для конкретных сложных геолого-физических условий целесообразно применение апробированных технологий интенсификации притока, доказавших эффективность на поздней стадии разработки продуктивных пластов Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения:*

*физико-химические методы;*

*ремонтно-изоляционные и водоизоляционные работы;*

*гидроразрыв пласта;*

*восстановление скважин методом забуриванием боковых стволов.*

*В статье рассматриваются вопросы эффективного планирования гидроразрыва пласта и отложенного освоения на Уренгойском нефтегазоконденсатном месторождении.*

**Ключевые слова:** скважина, интенсификация, вскрытие, трещина, успешность ГРП.

Метод гидроразрыва пласта относится к физическим методам воздействия на продуктивный пласт с целью увеличения углеводородоотдачи пластов и интенсификации работы простаивающих и низкодебитных добывающих скважин. Метод заключается в создании в продуктивном пласте искусственных трещин высокой проводимости путем закачки в пласт жидкости под давлением, превышающим горное давление вышележащих пород, и заполнения созданных трещин пропантом. В результате повышается дебит добывающих скважин за счет снижения гидравлических сопротивлений в призабойной зоне, а также повышается конечная газоотдача пластов за счет приобщения слабо задренированных участков коллекторов.

Опыт применения ГРП в условиях нижнемеловых отложений Уренгойского НГКМ свидетельствует о том, что данная технология является наиболее эффективным методом интенсификации притоков, позволяющим улучшить характер выработки запасов. На текущий момент ГРП выполнен в значительной части эксплуатационного фонда – 159 скважин. Всего с 2002 г. проведено 184

операции ГРП, успешность по всем ГРП составила 71 %, причем за 2010-2020 гг. средняя успешность ГРП увеличилась до 75 %.

На рисунке 1 отражён график успешности ГРП на Уренгойском НГКМ по годам эксплуатации, совмещённый с графиком среднего пластового давления по скважинам. Судя по этому графику, с 2016 г. успешность ГРП продолжала оставаться высокой, несмотря на снижение пластового давления.

В течение 2009-2019 гг. отмечалось, что успешность ГРП на газоконденсатных скважинах Уренгойского НГКМ по итогам каждого года оказывалась невысокой (около 50 %-70 %), но после проведения успешных отложенных освоений в течение последующего года повышалась до уровня выше 75 %.

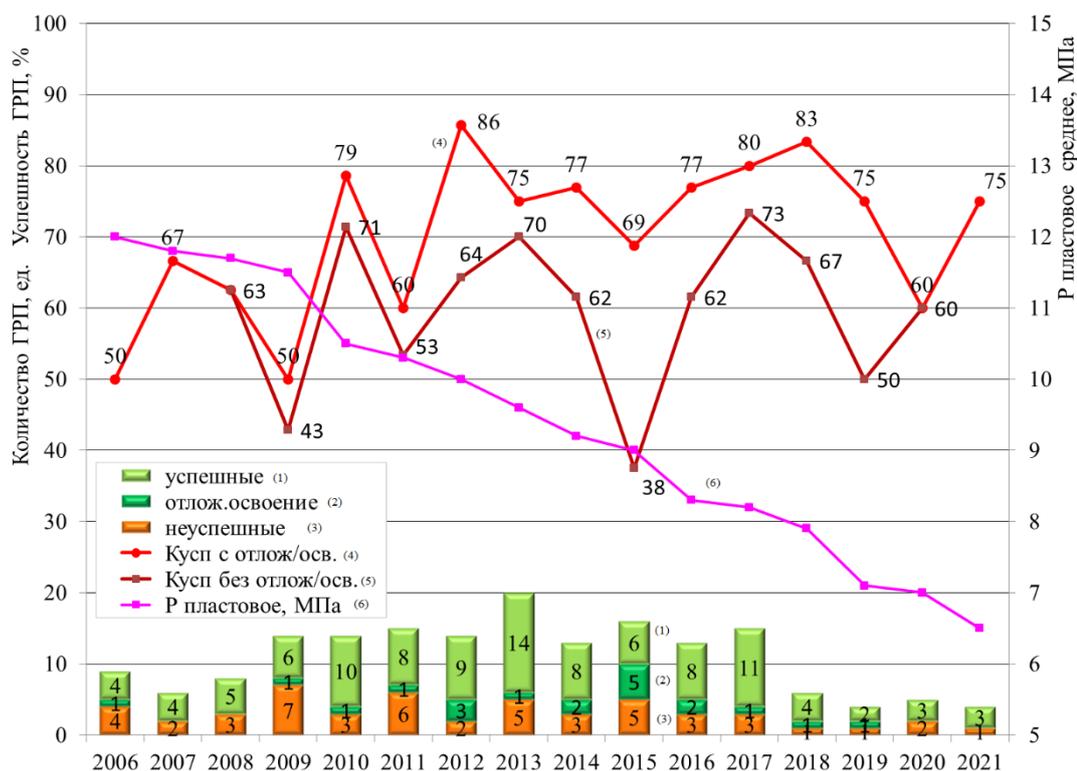


Рисунок 1 – Сравнение объемов и успешности ГРП на газоконденсатных скважинах Уренгойского НГКМ за период 2006-2021 гг.

Кроме того, по результатам всех проведенных операций ГРП на Уренгойском НГКМ можно отметить следующее:

– в последние годы (2011-2021 гг.) не замечена тенденция снижения успешности ГРП по газоконденсатным скважинам, более того, средняя успешность ГРП на Уренгойском НГКМ повышается, несмотря на снижение текущего пластового давления до 6,0-7,0 МПа. Подобные показатели ГРП, полученные в условиях аномально низкого текущего давления газоконденсатных залежей, не имели аналогов при разработке месторождений Западной Сибири. Эти высокие показатели объясняются, с одной стороны, повышением эффективности технологий ГРП, с другой стороны, повышением качества планирования и мониторинга процесса ГРП по данным ПГИ и ГХИ;

– повышению успешности ГРП способствовала также принятая на Уренгойском НГКМ протекторная схема проведения ГРП (85 % скважин); средняя успешность протекторных ГРП составила около 74,5 %, в то время как для остальных – только 51,9 %; преимущество протекторных ГРП заключается в отсутствии необходимости глушения скважины после ГРП для замены НКТ;

– кроме того, повышению успешности ГРП на поздней стадии разработки способствовало внедрение диагностики технического состояния скважин по данным ГХИ в пакете Visual Geomodel, обеспечившего своевременное выявление наиболее негативных факторов, связанных с обводнением, и, как следствие, повышение качества планирования работ по водоизоляции и интенсификации притоков;

– повышению успешности ГРП способствовали также предложения проектного института по внедрению технологии отложенного освоения скважин через 8-15 мес. после неуспешных ГРП. Этот метод предусматривал проведение повторного освоения в случае неуспешных ГРП при условии отсутствия в продукции пластовой воды. В настоящее время отложенное освоение рекомендуется в качестве обязательного мероприятия для скважин, не входящих в группу «риска» (обводнение сеноманской либо неокомской водой). Эффект отложенного освоения заключается в создании условий для естественного гравитационного расформирования технологической жидкости в системе трещин и восстановления связи с газонасыщенными коллекторами.

В 2015 г. в докладе проектного института на Комиссии ОАО «Газпром» по ГТМ была изложена авторская точка зрения на дальнейшие перспективы проведения ГРП на неокомских отложениях Уренгойского и Ямбургского НГКМ. В докладе было заявлено о высокой прогнозной успешности ГРП на поздней стадии разработки газоконденсатных залежей вопреки общему негативному мнению о перспективах дальнейшего использования технологии ГРП. В ходе последующих мероприятий с применением ГРП после 2015 г. положительный прогноз ООО «ТюменНИИгипрогаз» подтвердился. В целом, применение метода после 2015 г. позволило дополнительно ввести 40 простаивающих скважин на Уренгойском НГКМ и 67 скважин на Ямбургском НГКМ, всего 107 скважин.

В основу оптимистичного прогноза было заложено изучение гравитационных процессов, происходящих в призабойной зоне пластов и трещинах ГРП. Была установлена закономерность расформирования зон внедрения технических жидкостей и восстановления связи с газонасыщенными коллекторами, определены сроки завершения этих процессов и даны рекомендации по применению этих факторов в ходе освоения скважин после ГРП. Это позволило получить дополнительный экономический эффект по сравнению со стандартной технологией освоения скважин. Применение отложенного освоения в период 2006-2019 гг. позволило вывести на рабочий режим 20 дополнительных скважин (№№ 1305, 1307, 1345, 1358, 1378, 1379, 1387, 1394, 1411, 1454, 2256, 2319, 2332, 5276, 5302, 5303, 5409, 8263, 8326, 6556). Основным способом отложенного освоения скважин явился запуск в работу собственными силами промысла (14 скважин) и реже запуск с применением БДТ (шесть скважин).

Эта закономерность согласуется с положительными результатами освоения скважин с негерметичными колоннами, полученными специалистами УГПУ для пластов, находившихся под репрессией столба сеноманской воды. Было рекомендовано устранение источника обводнения с последующим ожиданием расформирования зоны обводнения. Это дало возможность увеличить число ремонтно-пригодных скважин и пополнить действующий фонд за счет выведения

на рабочий режим семи скважин с негерметичными колоннами (№№ 1305, 1358, 1454, 5302, 5409, 8326, 6556).

Далее приведен анализ основных факторов, влияющих на успешность ГРП, которые следует рассматривать как основные критерии при планировании ГРП:

- 1) неокомское обводнение.
- 2) сеноманское обводнение.
- 3) технические осложнения после ГРП.

С учетом результатов анализа рассмотренных выше основных негативных факторов, существенно снижающих успешность и эффективность проведенных ГРП, становится реальной оценка потенциальных возможностей технологии ГРП на текущей стадии разработки Уренгойского НГКМ. Для этого на рисунке 2 (верхний график) исключены из рассмотрения скважины, в которых было отмечено наличие основных осложняющих факторов – неокомского водопритока (28 скважин), сеноманского водопритока (16 скважин) и технических осложнений при освоении после ГРП (шесть скважин).

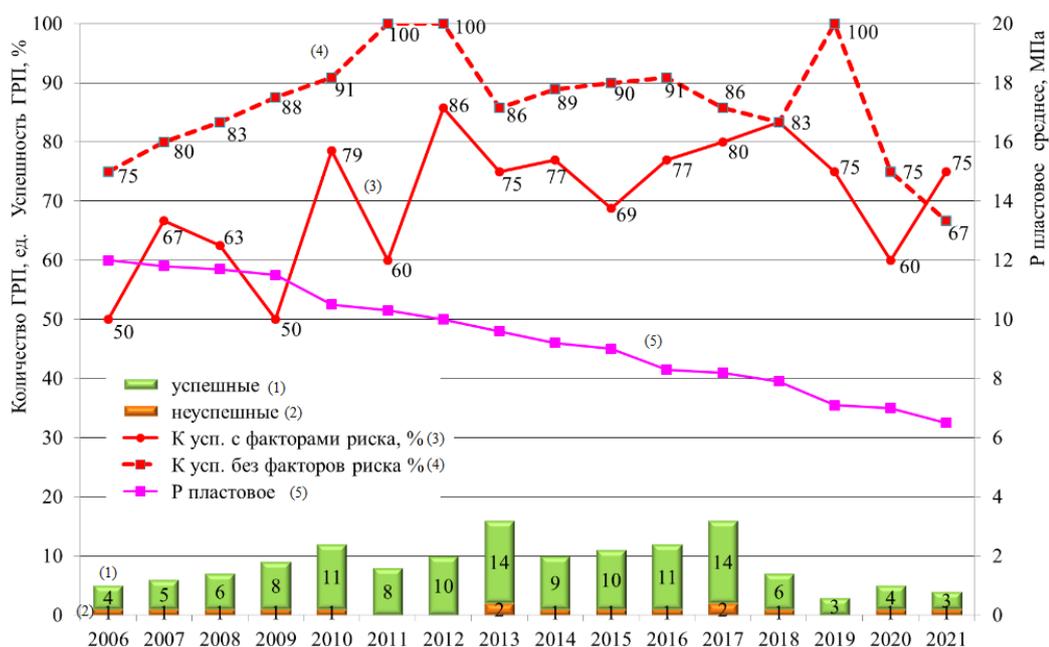


Рисунок 2 – Сравнение успешности ГРП на газоконденсатных скважинах Уренгойского НГКМ с учетом и без учёта факторов «риска»

Верхняя пунктирная линия на последнем рисунке отражает важную информацию и означает условную успешность ГРП при отсутствии всех осложняющих факторов. Более низкая условная успешность, отмеченная в 2020-2021 гг., связана с двумя неуспешными ГРП, для них рекомендованное отложенное освоение пока не проведено. Среднее значение условной успешности составляет 88 %, и эта величина на Уренгойском НГКМ является вполне достижимой. Большая часть осложняющих факторов связана с обводнением и потому может быть отнесена к категории устраняемых за счет проведения более эффективных ВИР, а также исключаемых на стадии планирования путем отказа от ГРП после выявления обводнения по данным ГХИ.

Меньшая доля осложнений, связанных с АВР при освоении, полностью устраняется путем проведения протекторных ГРП.

#### Заключение

Вопросы эффективного планирования ГРП и отложенного освоения на Уренгойском НГКМ тесно связаны с качеством диагностики технического состояния скважин и оценкой рисков по данным геофизических и гидрохимических исследований, а также на основе анализа истории предшествующих ГТМ на скважинах. Для снижения вышеотмеченных факторов риска, повышения эффективности ГРП и отложенного освоения, рекомендуется повысить охват достоверными гидрохимическими исследованиями, с целью получения своевременной информации о присутствии сеноманской или неокомской воды в продукции скважин.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Юдин А., Тараканов И., Ключбин А., Аблаев А., Жариков М.Г. и др. Технология ГРП с созданием каналов увеличивает эффективность работ по стимуляции ачимовских газоконденсатных скважин на 30 % // SPE-171324-RU. - 2014 г. – 11 с.
  2. Авторский надзор за реализацией проектных решений по освоению участка 2А ачимовских отложений Уренгойского лицензионного участка (недропользователь ООО «Газпром добыча Уренгой») Уренгойского месторождения в 2020 году: Отчет о НИР (этап 2) / ООО «Газпром ВНИИГАЗ»; Руководитель Свентский С.Ю. – Тюмень, 2020.
  3. СТО 05751745-234-2020 «Порядок выбора методов первичной и повторной интенсификации притока»
- 

### ASSESSMENT OF THE POTENTIAL OF HYDRAULIC FRACTURING TECHNOLOGY AT THE CURRENT STAGE OF DEVELOPMENT OF THE URENGOY NGCM

**Gazdiev A.I.**

Methods of influencing productive formations are designed to increase the productivity of wells and increase gas and oil recovery of reservoirs. This is of particular importance at the current late stage of development of the Lower Cretaceous deposits of the Urengoy NGCM, characterized by multilastness, heterogeneity, complex lithological-facies structure and the presence of two-phase (gas, water) saturation zones. In accordance with the geological and physical characteristics of the Lower Cretaceous deposits, the development of productive layers is planned to be carried out using technologies to increase the productivity of wells. For specific complex geological and physical conditions, it is advisable to use proven inflow intensification technologies that have proven effective at a late stage of the development of productive layers of the Urengoy NGCM: physico-chemical methods (SKO, GKO, SHKO, ASKO, etc.); repair and insulation and water insulation works; hydraulic fracturing; restoration of wells by the ZBS method. The article discusses

**Keywords:** well, intensification, opening, crack, success of hydraulic fracturing.

УДК 005.95

## **СИСТЕМА СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА В ПАО «ГАЗПРОМ»**

**Газимагомедова Алина Омариевна,  
Чичова Ольга Александровна,  
Студенты, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»**

*В статье рассматривается система стратегического управления охраной труда в ПАО «Газпром». Описывается структура, цели и задачи внедренной «Единой системы управления безопасностью», интегрированной в менеджмент компании. Система включает комплекс действий каждого сотрудника при возникновении неблагоприятных несчастных случаев, а также проведение расследований. Оценивается уровень опасности условий труда за последние три года, а также основные показатели, характеризующие количество несчастных случаев на производстве.*

**Ключевые слова:** *человеческие ресурсы, охрана труда, профессиональное развитие, несчастные случаи, условия труда, кадровый потенциал, стратегическое управление, стратегия, уровень опасности, коэффициент частоты травматизма.*

Устойчивое развитие управления человеческими ресурсами в ПАО «Газпром» ключевыми задачами определяет профессиональное развитие сотрудников, предупреждение и обеспечение безопасности, а также внедрение инноваций по улучшению условий труда. Ежегодная специальная оценка условий труда в компании предоставляет отчет об уровне опасности условий, степени вредности для каждого работника. Так, в 2021 оптимальные условия выявлены в 86,3% рабочих мест всей компании, а вредные условия – в 13,7%, при этом опасные условия 4 класса не были определены.

Развитие кадрового потенциала строится на основе комплекса программ, реализованы 4808 мероприятий, среди которых «Программа инновационного развития ПАО «Газпром» до 2025 года. В 2018 году была разработана стратегия развития системы управления охраны труда, интегрированы все системы управления, как охраны труда, так и промышленной, пожарной безопасности. «Единая система управления безопасностью» - одна из частей системы менеджмента, которая направлена на управление рисками, схема структуры данной системы представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема структуры ЕСУПБ

В результате с 2017 года общее количество происшествий на объектах Газпрома снизилось на 51%, число пострадавших на 44%, количество аварий и инцидентов на 74%. В 2021 году 141955 сотрудников прошли курсы повышения квалификации и дополнительного образования в области производственной безопасности. Сократились многие показатели, определенные данной системой, в которые входят: коэффициент частоты травматизма (8,3% в 2021 году по отношению к 2020), коэффициент тяжести травматизма и многие другие. Так же за этот год выявлены основные виды несчастных случаев, происходящих чаще всего в организации. К ним относятся дорожно-транспортные происшествия, производственные травмы во время падений и повреждения механизмов. За последние три года не зафиксировано ни одного смертельного несчастного случая в результате техногенных событий, сократилось количество смертельных событий при несчастных случаях (за 2019 г. – 7 человек, за 2021 – 5 человек). Благодаря данной работе доля Газпрома в структуре аварийности отечественного нефтегазового комплекса снизилась на 17%.

Цели новой стратегии развития системы управления производственной безопасностью остаются неизменными, а задачи были расширены с учетом новых высоких технологий и оборудования, направленных на развитие информационного обеспечения, повышения компетенции сотрудников. Система включает комплекс действий каждого сотрудника при возникновении неблагоприятных несчастных случаев, а также проведение расследований. Последняя задача является одной из важнейших. Повышение культуры безопасности производственного процесса требует колоссальных усилий, а результаты могут быть оценены только в долгосрочной перспективе. Однако они будут иметь синергетический эффект, который распространяется на работников подрядных организаций поставщиков, а также население региона присутствия предприятия.

Система ПАО «Газпром» постоянно совершенствуется, в случае возникновения внештатных ситуаций и несчастных случаев происходит разбор причин, которые привели к этим неблагоприятным условиям. Соответственно

внедряются упреждающие меры, чтобы в других дочерних обществах, а также впоследствии во всей организации это не происходило.

Во время Всероссийской недели охраны труда в сентябре 2022 г. ПАО «Газпром» и Минтруда РФ подписали соглашение о сотрудничестве, позволяющее реализовать новые проекты в области охраны труда. Несмотря на то, что это первое соглашение о сотрудничестве, многолетний опыт Газпрома по развитию системы управления охраной труда не первый год активно используется при реализации законодательных инициатив.

Реализуя стратегические проекты, Газпром формирует новые центры добычи нефти и газа. Любой из этих проектов требует колоссальных знаний и применение практического опыта в деле производственной безопасности. Компания продолжает совершенствовать подходы и методы её обеспечения, привлекая к работе научное сообщество, деловых партнёров, а также представителей власти.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Паспорт «Программы инновационного развития в ПАО «Газпром». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/f/posts/97/653302/prir-passport-2018-2025.pdf> (дата обращения: 29.12.2022)
  2. Предупреждение профессиональных заболеваний. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sustainability.gazpromreport.ru/2021/5-production-safety/5-2-labor-protection/> (дата обращения: 29.12.2022)
  3. Политика ПАО «Газпром» в области охраны труда, промышленной и пожарной безопасности, безопасности дорожного движения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/f/posts/60/091228/2019-09-17-safety-policy.pdf> (дата обращения: 29.12.2022)
- 

### STRATEGIC MANAGEMENT SYSTEM FOR OCCUPATIONAL SAFETY IN GAZPROM PJSC

**Gazimagomedova A. O., Chichova O. A.**

The article discusses the system of strategic management of labor protection in Gazprom PJSC. The structure, goals and objectives of the implemented «Unified Security Management System», integrated into the company's management, are described. The system includes a set of actions for each employee in the event of adverse accidents, as well as investigations. The level of danger of working conditions for the last three years is assessed, as well as the main indicators characterizing the number of accidents at work.

**Keywords:** human resources, labor protection, professional development, accidents, working conditions, personnel potential, strategic management, strategy, hazard level, injury frequency rate.

УДК 620.9

## ТРЕБОВАНИЯ К РАЗВИТИЮ СОЛНЕЧНОЙ И ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

**Корнева Полина Андреевна**

Магистрантка, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

*Основной целью внедрения возобновляемых источников энергии является содействие экономическому развитию, повышение энергетической безопасности, улучшение доступа к энергии и смягчение последствий изменения климата. Устойчивое развитие возможно при использовании устойчивой энергии и обеспечении доступа граждан к недорогой, надежной, устойчивой и современной энергии. Цель данной работы - рассмотреть основные аспекты, предъявляемые к всеобщей декарбонизации мирового энергетического сектора, путем развития солнечной и ветряной энергетики.*

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, планирование, требования, энергетика, электросети, потенциал, транспортировка, взаимодействие.

Декарбонизация энергетической системы означает переход на возобновляемые источники энергии для удовлетворения наших энергетических потребностей - в том числе для промышленности, транспорта, отопления и охлаждения зданий. За последнее десятилетие стало экономически выгоднее инвестировать в новые ветряные и солнечные фотоэлектрические (ФЭ) источники энергии, чем строить новые классические углеродоемкие электростанции [1]. Все больше и больше стран увеличивают объемы количества энергии, получаемой от ветра и солнца. Этот бум возобновляемой энергетики – шаг в правильном направлении, направленный на снижение загрязнения воздуха и выбросов парниковых газов. Однако одним из основных камней преткновения на пути полного перехода на возобновляемые источники энергии является система доставки электроэнергии – энергосистема [1].

Уже сейчас сеть из миллионов малых и крупных электростанций обеспечивает электроэнергией наши потребности – наши дома, общественный транспорт, частные автомобили и промышленность. Однако для более полной электрификации отопления, транспортного сектора и промышленных процессов потребуются масштабное расширение существующих сетей. Например, электрификация только транспортного сектора, который в настоящее время в основном работает на нефти, удвоит текущий спрос на электроэнергию [2]. Аналогичные прогнозы были сделаны и для электрификации отопления зданий. Расширение сети сделает электрификацию энергоемких видов использования энергии реальной возможностью.

Прочные связи между станциями возобновляемых источников энергии и районами с высоким спросом на энергию необходимы для учета погодных колебаний в энергоснабжении. Интегрируя различные источники энергии и различные географические/погодные зоны, энергосистема может сгладить колебания выработки электроэнергии [3]. Таким образом, хорошо спроектированная электросеть является наиболее экономически эффективным способом использования избытка энергии (в солнечных и ветреных районах) и

восполнения недостатков (в облачных районах или районах, где нет ветра) [2]. Энергосистема будущего должна быть способна поставлять энергию туда, где она необходима, и тогда, когда это необходимо. Правильно развитая сеть будет иметь ключевое значение для работы энергосистемы с очень высоким процентом электроэнергии, получаемой от ветра и солнца.

Вырабатывать электроэнергию для всего городского района в черте города довольно сложно, поэтому электросети также должны быть способны транспортировать электроэнергию из районов с хорошими солнечными и ветровыми ресурсами в районы с высоким спросом на энергию, такие как города и промышленные районы [4]. Поскольку возобновляемые источники энергии дешевле производить вдали от жилых и городских районов, мощная сеть, способная транспортировать электроэнергию на большие расстояния, имеет большое значение.

Сети также способны изменить социально-экономическую среду – например, хорошо спроектированная сеть может создать рабочие места и доходы в сельских районах [4]. Сообщества, вырабатывающие собственную возобновляемую энергию, могут решить продавать излишки электроэнергии в районы с высоким спросом на энергию.

В настоящее время процессом планирования и создания энергосистем занимаются исключительно правительства и крупные энергетические компании. В большинстве случаев с гражданским обществом не консультируются по поводу проектов энергосистем. Без их участия существует серьезный риск того, что планы расширения энергосистемы не будут в достаточной степени учитывать экологические и климатические цели, имеющие решающее значение для будущего чистой энергетики [3].

Учитывая сложный характер планирования архитектуры сети, получения необходимых разрешений и строительства различных элементов энергосистемы, расширение сети в большинстве мест остается очень медленным и долгосрочным процессом. Однако для того, чтобы достичь значимой цели по сокращению выбросов к 2050 году, необходимо расширять энергосети уже сейчас [5].

Для того чтобы правительства и энергетические компании уделяли приоритетное внимание расширению энергосетей для обеспечения будущего чистой энергии, гражданское общество должно участвовать в планировании энергосетей, разработке сценариев, экологической оценке и утверждении. Участие во всей цепочке создания стоимости имеет фундаментальное значение для того, чтобы общество понимало меры и принимало затраты на развитие сетевой инфраструктуры, необходимой для климатически нейтральной энергетической системы.

Процессы разработки сценариев и сетевых планов столь же разнообразны, как и страны, осуществляющие их. Европейский процесс планирования (Десятилетний план развития сети – TYNDP) вовлекает гражданское общество, научные круги, игроков возобновляемой энергетики и энергетическую промышленность [5]. В отличие от этого, план расширения сети в Японии не предполагает участия гражданского общества, а работает с небольшим комитетом из примерно 20 человек, в основном из самих сетевых компаний, представителей правительства и научных кругов [2].

В заключении необходимо отметить, что во всех случаях вовлечение различных участников жизненно важно для прозрачного процесса планирования и повышения общественного одобрения весьма заметных элементов расширенной энергосистемы, основанной на возобновляемых источниках энергии.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Самусенко, С. А. Анализ сетевых взаимодействий и трансфера технологий в возобновляемой энергетике России / С. А. Самусенко, И. А. Дробышев // Пятый международный экономический симпозиум – 2021. – С. 269-275. – EDN FUUXUP.

2 Бразовская, В. В. Проблемы при реализации проектов возобновляемой энергетики в Российской Федерации / В. В. Бразовская, С. С. Гутман // Экономика и Индустрия 5.0 в условиях новой реальности (ИНПРОМ-2022) – 2022. – С. 225-228. – DOI 10.18720/IEP/2022.1/61. – EDN JLOPIZ.

3 Особенности управления объектами современной электроэнергетической системы / Б. В. Папков, В. Л. Осокин, Д. Е. Дулепов, С. В. Осокин // Вестник НГИЭИ. – 2021. – № 7(122). – С. 26-37. – DOI 10.24412/2227-9407-2021-7-26-37. – EDN DOMMIX.

4 Елизаров, А. А. Развитие возобновляемой энергетической отрасли в России / А. А. Елизаров // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2017. – № 4(22). – С. 28-34. – EDN LXXVBZ.

5 Садунова, А. Г. Развитие рынка альтернативной энергетики РФ в рамках стратегии формирования зеленой экономики: возможности и угрозы / А. Г. Садунова // Экономика строительства. – 2022. – № 6. – С. 62-76. – EDN LPJNSQ.

---

## REQUIREMENTS FOR THE DEVELOPMENT OF SOLAR AND WIND ENERGY

**Korneva P.A.**

The main objective of introducing renewable energy sources is to promote economic development, increase energy security, improve energy access and mitigate climate change. Sustainable development is possible with sustainable energy and access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for citizens. The aim of this paper is to examine the main aspects required for the universal decarbonisation of the global energy sector, through the development of solar and wind energy.

**Keywords:** renewable energy, planning, requirements, energy, power grids, capacity, transportation, interconnection.



***ТЕХНИЧЕСКИЕ  
НАУКИ***

УДК 631.352

## АНАЛИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОСИЛОК

**Авдеев Антон Александрович,**

*Студент магистратуры, ФГБОУ ВО Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина*

**Хохлов Алексей Леонидович.**

*Доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина*

**Салахутдинов Ильмас Рифкатович**

*Научный руководитель, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина*

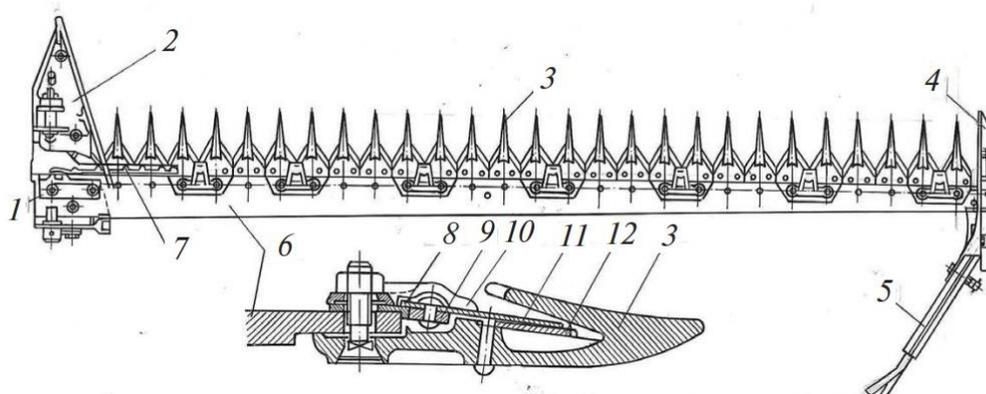
*Сегодня, косилка, наряду с сельскохозяйственной техникой, по праву заняла достойное место в сельскохозяйственной отрасли и коммунальной сфере. Главными преимуществами техники является то, что устройство обладает довольно высокотехнологичной конструктивностью и достойным уровнем производительности, что играет немаловажную роль в обеспечении качественной, легкой заготовительной деятельности. В статье рассмотрим наиболее востребованные косилки в сельском хозяйстве.*

**Ключевые слова:** *режущий аппарат, противорежущая пластина, сегменты, ножи, скорость, конструкции, пальцы, поверхность среза, агрегатирование, кошение, масса.*

В зависимости от способа агрегатирования различают навесные и прицепные косилки, также они могут быть самоходными. По типу режущего аппарата могут быть с подпорным срезом (сегментно-пальцевые) или для бесподпорного среза (роторные). При заготовке зеленой массы на подкормку используют роторные косилки змельчители.

Сегментно-пальцевые режущие аппараты. Наиболее распространенными аппаратами косилок подпорного резания являются сегментно-пальцевые, работающие при скоростях резания 1,5– 3,0 м/с. В зависимости от соотношения между шагом режущей, противорежущей части и ходом ножа различают режущие аппараты нормального, низкого и среднего резания.

Сегментно-пальцевые режущие аппараты применяются на косилках различных типов, самоходных кормо- и зерноуборочных комбайнах. Основой режущего аппарата является пальцевый брус, представляющий собой стальную полосу переменного сечения (рис. 1). К нему болтами с потайными головками прикреплены пальцы. К пальцам приклепаны стальные противорежущие пластины (вкладыши). Кромки вкладышей могут иметь насечку, которая препятствует выкалыванию стеблей при срезании.



*Рисунок 1- Режущий аппарат с разрезом по пальцу:  
 1 – направляющая головки ножа; 2 – башмак внутренний; 3 – палец;  
 4 – башмак наружный; 5 – доска полевая; 6 – пальцевый брус; 7 – головка  
 ножа; 8 – пластина трения; 9 – спинка ножа; 10 – прижим ножа;  
 11 – сегмент ножа; 12 – вкладыш пальца*

Нож, состоящий из спинки, головки и сегментов, размещается в пазах пальцев и движется в них возвратно-поступательно. Задней частью головки и сегментов нож лежит на пластинах трения, а передней частью – на вкладышах. Для плотного прилегания сегментов ножа к вкладышам к пальцевому брусу прикреплены прижимы, которые не позволяют ножу подниматься вверх.

Во время работы режущий аппарат скользит по почве на внутреннем и наружном башмаках, регулированием расположения которых устанавливается требуемая высота среза растений. На внутреннем башмаке укреплены направляющие головки ножа, а также отводной прут. К наружному башмаку шарнирно крепится полевая доска, отводящая срезанную массу.

Поверхность среза стеблей должна быть ровной, без заусенцев, для этого регулируют зазоры между сегментами ножа и противорежущими пластинами пальцев. Они должны быть по возможности меньше: в задней части сегмента не более 1,5 мм, в передней – 0,5 мм, иначе в месте среза будет происходить не сдвиг-срез, а затягивание стеблей в зазоры, что может привести к забиванию.

Навесная однобрусная косилка КС-2,1 (КС-Ф-2,1Б-4) предназначена для скашивания естественных и сеяных трав, а также для уборки бобовых культур. Режущий аппарат нормального резания. Стальные пальцы снабжены вкладышами с насечками для предотвращения скольжения массы при резании.

Режущий аппарат скользит по почве на наружном и внутреннем башмаках. Под башмаками расположены стальные ползки для установки режущего аппарата на требуемую высоту среза и для подъема его при работе на комковатой или каменистой почве. К наружному башмаку шарнирно прикреплена отводная доска, отгребаящая срезанную траву влево.

Режущий аппарат присоединен к раме косилки тяговой штангой, которая позволяет наклонять пальцевый брус вперед или назад. Шпренгель удерживает режущий аппарат в рабочем положении. Изменением длины шпренгеля можно регулировать смещение наружного конца режущего аппарата.

Режущий аппарат приводится в действие от карданного вала трактора при помощи шкива-эксцентрика и клиноременной передачи.

Высоту среза регулируют перестановкой башмаков по отверстиям [1-2].

Аппараты бесподпорного резания (рис. 2) по конструкции могут быть ротационно-дисковыми или ротационно-барабанными. Они работают при скоростях резания 50–80 м/с.

Пластинчатые ножи ротационных косилок должны быть заточены, потому что тупые лезвия дают рваный срез и повреждают корневую систему растений. При этом косилка расходует на 20 % больше мощности на кошение. Должны быть заточены ножи и на валу ротационно-барабанных косилок-измельчителей. Конструкции машин предусматривают изменение высоты среза перестановкой щек и кронштейнов ходовых колес.

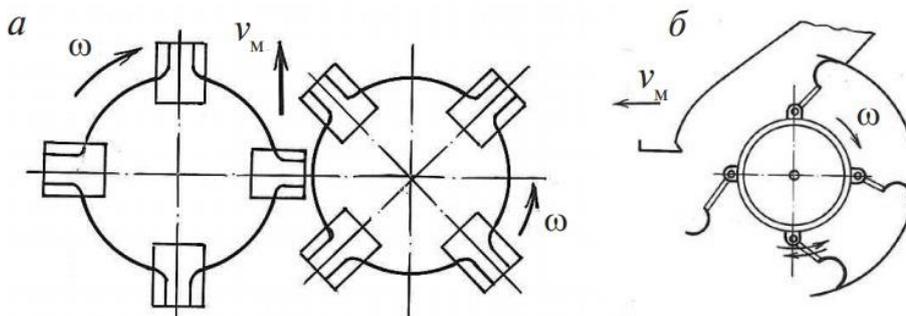


Рисунок 2 - Ротационный (а) и ротационно-барабанный (б) режущие аппараты

Ротационные навесные косилки КРН-2,1, КДН-210 (рис. 3) предназначены для скашивания высокоурожайных, в том числе и полеглых, сеяных и естественных трав на скоростях до 15 км/ч, с укладкой скошенной массы в прокос. Они могут быть использованы на сильно заросших участках, при скашивании грубостебельного травостоя и мелкого кустарника. Ширина захвата 2,1 м. Косилки агрегируют с колесными тракторами тяговых классов 0,9 и 1,4.

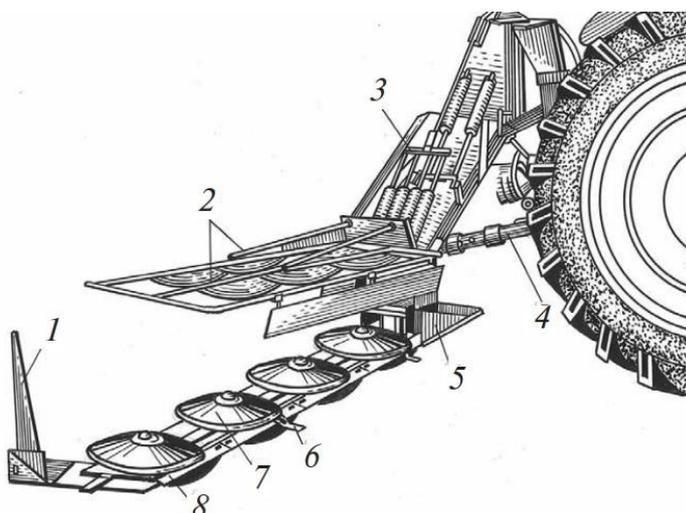


Рисунок 3- Ротационно-навесная косилка:

1 – полевой делитель; 2 – ограждение; 3 – подрамник с механизмом уравнивания; 4 – тяговый предохранитель; 5 – башмак опорный; 6 – пластинчатый нож; 7 – ротор; 8 – брус режущего аппарата

Косилка состоит из рамы навески, присоединяемой к навесному устройству трактора. На правой стороне рамы навески имеется ось для крепления тягового предохранителя, удерживающего косилку в рабочем положении фиксатором с пружиной.

К раме навески шарнирно присоединен подрамник с механизмом уравнивания, представляющий собой сварную конструкцию коробчатого сечения. Второй конец подрамника шарнирно соединен с цапфами режущего аппарата.

Давление режущего аппарата на почву ограничивается механизмом уравнивания, который служит также для перевода косилки в транспортное положение. Последний состоит из гидроцилиндра, корпус которого шарнирно закреплен на раме навески, а шток связан с рычагом. К нему присоединены тяги с пружинами механизма, второй конец которого крепят к кронштейну режущего аппарата.

Шарнирное соединение звеньев механизма уравнивания обеспечивает свободный поворот режущего аппарата в цапфах подрамника. В транспортном положении для переездов режущий аппарат фиксируется тягой.

Технологический процесс работы косилки заключается в следующем. Стебли срезаются пластинчатыми ножами, шарнирно закрепленными на роторах, которые вращаются навстречу друг другу со скоростью 65 м/с. Ножи срезают траву по принципу безопорного резания, подхватывают ее и выносят из зоны резания, перемещая над брусом. Траектории ножей соседних роторов пересекаются, благодаря чему срез происходит без огрехов [3].

Скошенная масса полевым делителем укладывается в прокос и освобождает место для прохождения колес трактора при следующем проезде.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бидеев С.И., Бидеева И.Х., Агузаров А.М. Анализ конструкции режущих аппаратов и их приводов / Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки // Материалы I -й Международной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов 23-24 декабря 2004г. - Владикавказ: Изд-во «Горский госагроуниверситет», 2005. - С.193-195.

2. Авдеев, А.А Классификация косилок / А.А Авдеев, Н.П. Занькин // Материалы II Международной студенческой научной конференции «В мире научных открытий», 23-24 мая 2018 г. – Ульяновск: 2018.-С.12-16

3. Бидеев С.И. Сравнительный анализ приводов режущих аппаратов жаток и косилок // Вестник научных трудов молодых учёных Горского ГАУ. Вып. 2.140-Владикавказ: Издательство ФГОУ ВПО «Горский госагроуниверситет»,2004.-С.80-85.

---

## THE MAIN TYPES OF AGRICULTURAL MOWERS

**Avdeev A. A., Khokhlov A. L.**

Today, the mower, along with agricultural machinery, has rightfully taken its rightful place in the agricultural sector and the municipal sphere. The main advantages of the technology is that the device has a fairly high-tech design and a decent level of

productivity, which plays an important role in ensuring high-quality, easy procurement activities. In the article we will consider the most popular mowers in agriculture.

**Keywords:** cutting machine, counter-cutting plate, segments, knives, speed, structures, fingers, cut surface, aggregation, mowing, mass.

УДК 551.510.4

## **ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ОЗОНА: СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НЕЗАВИСИМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НАД ТОМСКОМ.**

**Баженов Олег Елисеевич**

*Научный сотрудник, Институт оптики атмосферы  
им. В.Е. Зуева СО РАН*

**Смирнов Сергей Васильевич**

*Старший научный сотрудник, Институт мониторинга климатических  
и экологических систем СО РАН*

**Ельников Андрей Владимирович**

*Профессор, БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный  
университет»*

*В работе представлены регулярные ряды наблюдений общего содержания озона над Томском, полученные тремя независимыми спектрофотометрами в период 2006-2020 гг. Определены их статистические характеристики (средние, дисперсии, гистограммы и автокорреляционные функции), построены тренды. Приводится сравнительный анализ временных рядов друг с другом. Обсуждаются усредненные годовые циклы, полученные за этот период.*

**Ключевые слова:** атмосфера, озон, общее содержание озона, приборы: М-124 и ОМІ, временной ряд ОСО, годовой ход.

Отдавая должное важной роли атмосферного озона как оптически активной компоненты атмосферы, играющей определенную роль в формировании погоды, как природного щита, оберегающего всю земную биоту от пагубного влияния жесткого УФ-излучения Солнца, уже течение длительного времени осуществляется регулярный мониторинг его общего содержания. Измерения ведутся по всему Земному шару с использованием наземных спектрофотометрических приборов [1], дополнительно задействуются и космические средства зондирования [2].

При измерениях тех или иных характеристик, в том числе и атмосферных, разными методами и приборами, актуальным становится вопрос совпадения или уровне отличия полученных результатов. Подобные исследования имеют место и при регулярном мониторинге общего содержания озона (ОСО) в атмосфере, например, [3-6].

Принципиальным отличием сравнений ОСО, представленных в цитируемых выше источниках и данной статье заключается в том, что в работах [3-6], целенаправленно проводились калибровочные измерения, в предлагаемой статье сравнение ОСО проводится она основе рутинных мониторинговых измерений.

В статье сравниваются результаты регулярных наблюдений ОСО в течение 15 лет в Томске (56,6 с.ш., 85,0 в.д.) тремя независимыми спектрофотометрами: два из них - озонметры М-124 [7,8], а третий – прибор ОМИ [9]. Один прибор - озонметр М-124 входит в состав аппаратуры Сибирской лидарной станции Института оптики атмосферы СО РАН (ИОА СО РАН), а второй – в состав геофизической обсерватории Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (ИМКЭС РАН). Третий прибор находится на борту спутника Aura of National Aeronautics and Space Administration NASA (Национального управления по авиации и исследованию космического пространства). Анализируемые ряды наблюдений охватывают 15 лет с января 2006 года по декабрь 2020 года, т.е. ряды наблюдений насчитывают 5479 отсчетов. Но в анализируемых рядах имеются кратковременные периоды, в течение которых тот или иной прибор не функционировал и его данные об ОСО отсутствуют. Но в целом подобные пробелы по рядам составляют менее 5 % от общего количества данных.

Временные ряды ОСО представлены на рис.1. Видно, что ОСО имеет довольно сильную суточную вариативность, но в целом временные ряды совпадают.

Справа от графиков рис.1 представлены средние значения  $\langle \text{ОСО} \rangle$ , их стандартные отклонения в абсолютных значениях и процентах (значения в круглых скобках) и линейные тренды соответствующих временных рядов.

Видно, что средние значения ОСО различаются (ИОА – 360 ед.Д., ИМКЭС – 352 ед.Д., НАСА – 342 ед.Д.), но совпадают в пределах их стандартных отклонений. Линейные тренды, также различаются, и не только значениями своих конкретных коэффициентов, но и характером поведения. Наклон прямой в анализируемый период для результатов наблюдений, полученных на приборе ИОА на два порядка меньше ( $10^{-5}$ ), чем наклон у данных двух других приборов ( $10^{-3}$ ). Следовательно, систематические (значимые) изменения ОСО за исследуемый период в данных ИОА отсутствуют. На это указывает и то, что значение наклона  $B=(2,2\pm 43,510)^{-5}$  более, чем на порядок меньше его погрешности. В то время как тренды данных ОСО и ИМКЭС имеют хоть и слабые, но наклоны. При этом для данных ИМКЭС наклон положителен (т.е. имеет место рост ОСО)  $B=(5,0\pm 0,5)\cdot 10^{-3}$ , а по данным прибора ОМИ отрицательный  $B=(-1,7\pm 0,4)\cdot 10^{-3}$ . Но все тренды не существенны по сравнению с вариациями ОСО, обусловленными, в том числе и сезонными колебаниями.

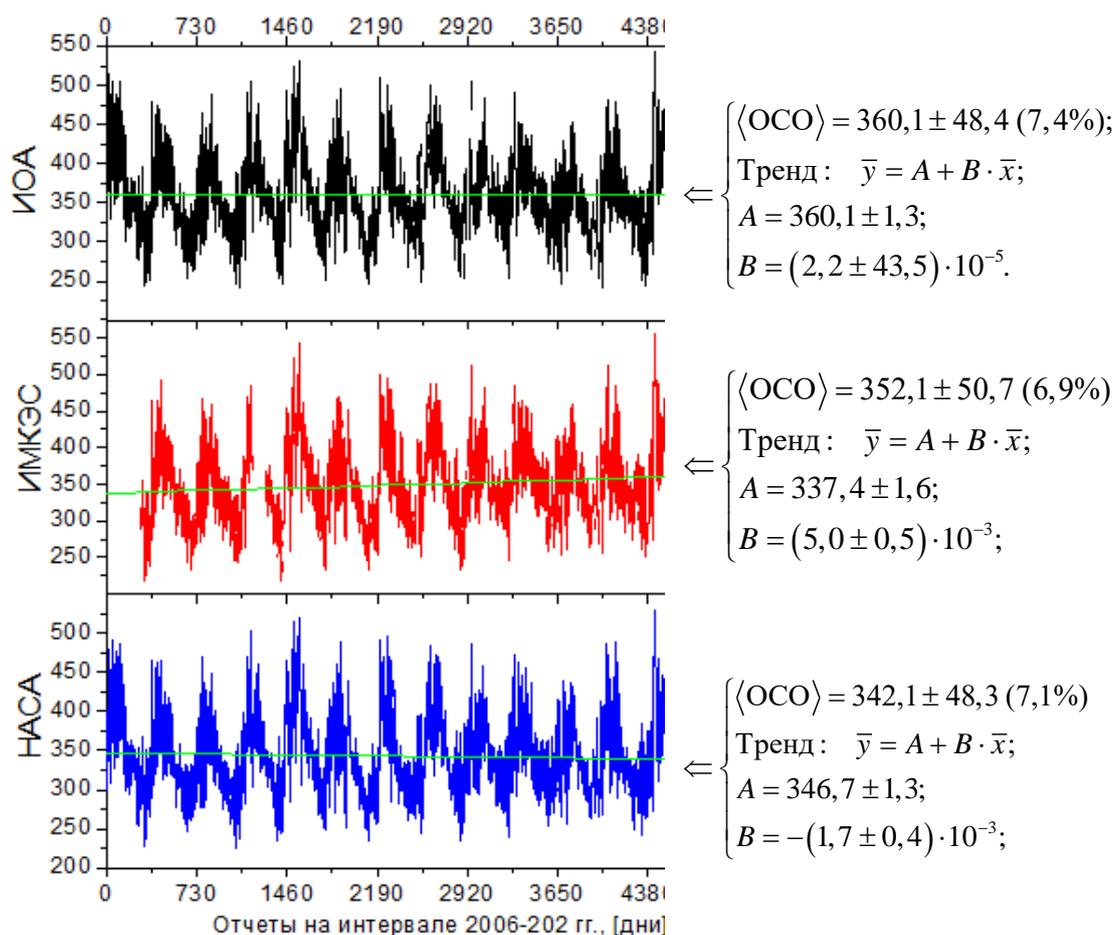


Рисунок 1 - Временные ряды общего содержания, полученные приборами: ИОА (верхний график); ИМКЭС (средний график); НАСА (нижний график)

Сравнительный анализ временных рядов ОСО и их рассогласование

На рис.2 представлены графики значений ОСО одного прибора от значений ОСО другого прибора, для соответствующих дат измерений, т.е.

$$y_{\text{ОСО}_A}[i] \& x_{\text{ОСО}_B}[i] \text{ при } A \neq B. \quad \left\{ \begin{array}{l} y_{\text{ОСО}_A}, x_{\text{ОСО}_B} - \text{значения ОСО;} \\ A \text{ и } B - \text{приборы наблюдений.} \end{array} \right. \quad (1)$$

Прямая линия на каждом графике представляет линейную аппроксимацию  $y = A + B \cdot x$ , имеющихся данных ОСО, в таблице 1 представлены численные результаты аппроксимации.

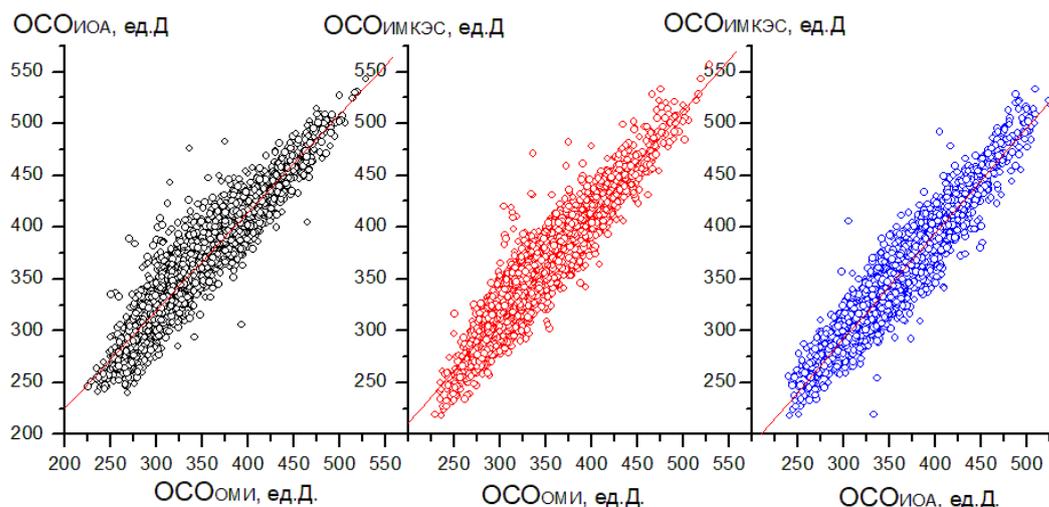


Рисунок 2 - Графики функциональных зависимостей данных ОСО, полученных разными приборами.

Таблица 1

**Коэффициенты линейной аппроксимации ( $y=A+B \cdot x$ ), коэффициенты корреляции ( $R$ ) и стандартные отклонения  $SD$ , представленных на рис.2. функциональных зависимостей: рис2а (слева - ИОА&ОМИ), середина - ИМКЭС&ОМИ), справа - ИМКЭС&ИОА)**

$A = 36,2 \pm 1,5;$ $B = 0,94 \pm 0,00;$ $R = 0,95;$ $SD = 15,20.$	$A = 11,5 \pm 1,8;$ $B = 1,00 \pm 0,00;$ $R = 0,94;$ $SD = 16,97.$	$A = -14,2 \pm 1,8;$ $B = 1,02 \pm 0,00;$ $R = 0,95;$ $SD = 15,34.$
---	---	--

Для количественной оценки рассогласования рядов были использованы понятия, приведенные в работе [6]: среднеквадратичное рассогласование, среднее рассогласование, стандартное отклонение от среднего рассогласования, соответственно:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}; \quad M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i); \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i - M)^2}. \quad (3)$$

Таблица 2

**Полученные значения**

Сопоставляемые приборы	Среднеквадратичное рассогласование, ед.Д.	Среднее рассогласование, ед.Д.	Стандартное отклонение от среднего рассогласования, ед.Д.
ИОА - ИМКЭС	16,7 (4,8%)	6,6 (1,8%)	15,4 (4,4%)
ИОА - ОМИ	23,4 (6,7%)	17,6 (5,0%)	15,4 (4,4%)
ИМКЭС-ОМИ	20,8 (5,9%)	12,0 (3,4%)	17,0 (4,8%)

Результаты, представленные как на рис.2, так и в табл.2 свидетельствуют о вполне приемлемом совпадении результатов измерений, полученных разными приборами.

Сравнение среднегодовых ходов ОСО.

На основе полученных в период 2006-2020 гг. данных ОСО над Томском, были определены его среднесуточные значения согласно алгоритму:

$$ОСО\_A[i] = \sum_{j=1}^{365} ОСО\_A[i, j] \quad \left\{ \begin{array}{l} A - \text{соответствующий прибор;} \\ i - \text{номер ежедневных отсчетов;} \\ j - \text{соответствующие годы : 2006 } \div \text{ 2020 гг.} \end{array} \right. \quad (4)$$

его три среднегодовых хода. Они приведены на рис.3. Видно, что все три временных хода хорошо коррелируют между собой в плане изменений содержания в целом и в отражении, возникающих во временных ходах выраженных вариаций, но амплитуды этих выбросов не одинаковы. Наблюдаются отличия в значениях ОСО и в целом по представленным рядам. ОСО, полученные прибором ИОА превышают значения двух других приборов и наименьшими являются данные ОМИ. Особо это заметно в летне-осенний период (т.е. отчеты 150÷300).

Для количественного выражения отличий значений ОСО между данными разных приборов введем параметра  $\Delta_{A,B}$ , который определим согласно выражению:

$$\Delta_{A,B} = \frac{ОСО_A[i] - ОСО_B[i]}{ОСО_{A,B}[i]}; \quad \text{где} \quad \overline{ОСО_{A,B}[i]} = (ОСО_A[i] + ОСО_B[i]) / 2 \quad (5)$$

$A$  и  $B$  – соответствующие приборы;  
 $i$  – номер ежедневных отсчетов ( $i = 1 \div 365$ ).

Этот параметр можно определить как локальное (в отличии от «средних значений» в формуле (4) относительное (относительно среднего) рассогласование значений рядов. Но если его представить в виде графика, то график будет перегружен вариации данного параметрами. Поэтому на рис.4 параметр ( $\Delta_{A,B}$ ) представлен в виде сглаженных по 11 точкам значений, т.е. отражает подекадное рассогласование. Здесь более четко, по сравнению с рис.3, видно, что значения ОСО, полученные на приборе ИОА, превышают значения ОСО двух других приборов, а данных ИМКЭС больше данных ОМИ. Это привело к тому, что все три кривые на рисунке оказались в отрицательной области. В целом по рисунку наибольшее рассогласование данных приходится на осенне-летний период и достигает 0,08 или 8% (ОМИ-ИОА), а в ноябре-декабре ОСО спектрофотометров ОМИ и ИМКЭС совпадают.

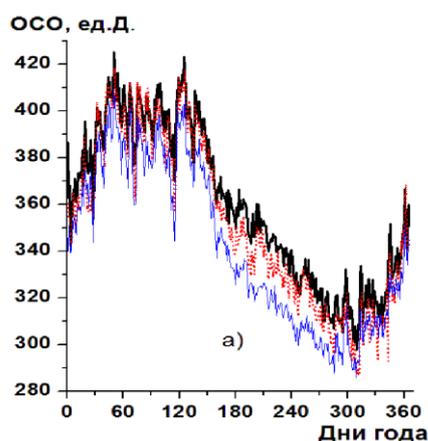


Рисунок 3 - Средние годовые ходы ОСО над Томском для периода 2006-2020 гг.: черная жирная линия- данные ИОА; красные точки – данные ИМКЭС; черная тонкая линия – данные НАСА

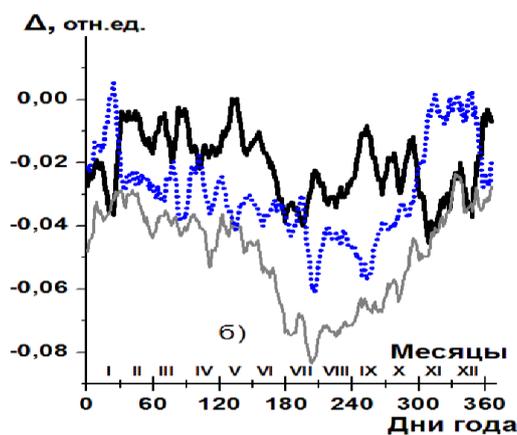


Рисунок 4 - Параметр  $\Delta_{A,B}$ , соответствующих приборов: черная жирная кривая -  $\Delta_{ОМИ\_ИОА}$ ; синие точки -  $\Delta_{ИМКЭС\_ИОА}$  серая тонкая линия –  $\Delta_{ОМИ\_ИМКЭС}$

#### Заключение.

В данной статье было проведено сравнение ежедневных результатов измерений общего содержания озона над Томском, в период 2006-2022 гг., полученными тремя независимыми приборами. На основании проведенных исследований было следует.

Параметры рассогласования не превышают 7% (см. табл.2): наименьшие значение имеется между озонотрами М-124 ИОА и ИМКЭС; наибольшие значения получены между приборами ИОА и ОМИ. В целом в абсолютных единицах (ед.Д.) параметры рассогласования лежат в диапазоне  $16,7 \div 23,4$

В усредненных по всему периоду годовых рядах ОСО отчетливо видно, что значения, полученные на приборе М-124 ИОА, систематически в течение всего года превышают величины ОСО двух других приборов, из которых прибор ОМИ дает меньшее общее содержание озона. Но полученное отличие между годовыми ходами не превышает 8%. Наибольшие отличия приходится на летний период (июль-август), а в среднем по году составляет менее 5%.

Наблюдаемые отличия в значения ОСО для разных приборов, вероятно, обусловлены тем, что моменты измерения ОСО в течение суток не синхронизированы по времени.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Fioletov V.E., Labow G., Evans R., Hare E.W., Kohler U., McElroy C.T., Miyagawa K., Redondas A., Savastiouk V., Shalamyansky A.M., Staehelin J., Vanicek K., and Weber M. Performance of the ground-based total ozone network assessed using satellite data. // J. Geophys. Res, 2008. Vol. 113, D14313, doi:10.1029/2008JD009809
2. Кашкин В.Б., Рублева Т.В., Хлебопрос Р.Г. Стратосферный озон: вид с космической орбиты.– Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 184 с.
3. Bramstedt K., Gleason J., Loyola D., Thomas W., Bracher A., Weber M.,

Burrows J.P. Comparison of total ozone from the satellite instruments GOME and TOMS with measurements from the Dobson network 1996–2000 // *Atmos. Chem. Phys.* 2003. Vol. 3. P. 1409–1419.

4. Fioletov V.E., Kerr J.B., Hare E.W., Labow G.J., McPeters R.D. An assessment of the world ground-based total ozone network performance from the comparison with satellite data // *J. Geophys. Res.* 1999. Vol. 104. P.1737–1747.

5. Vanicek K. Differences between ground Dobson, Brewer and satellite TOMS-8, GOME-WFDOAS total ozone observations at Hradec Kralove, Czech // *Atmos.Chem. Phys.* 2006. Vol. 6. P. 5163–5171.

6. Виролайнен Я.А., Тимофеев Ю.М., Поберовский А.В. Сравнение спутниковых и наземных измерений общего содержания озона// *Исследование Земли из космоса.* 2013, №4, С.83–91

7. Гуцин Г.П., Виноградова Н.Н. Суммарный озон в атмосфере. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. 238 с.

8. Гуцин Г.П., Соколенко С.А. Новый малогабаритный озонметр М-124, предназначенный для измерения суммарного озона // *Атмосферный озон.* Тр. VI Всес. симп. 15–17 мая 1985 г. Ленинград. Л.: Гидрометеиздат, 1987. С. 49–56.

9. Anton M., Lopez M., Vilaplana J.M., Kroon M., McPeters R., Bañón M., Serrano A. Validation of OMI-TOMS and OMI- DOAS total ozone column using five Brewer spectroradiometers at the Iberian peninsula // *J. Geophys. Res.* 2009. V. 114. № D14307. doi:10.1029/2009JD012003.

---

## **TOTAL OZONE: COMPARISON OF THE RESULTS OF INDEPENDENT MEASUREMENTS OVER TOMSK**

**Bazhenov O. E., Smirnov S. V., Elnikov A. V.**

The paper presents regular series of observations of the total ozone over Tomsk, obtained by three independent spectrophotometers in the period 2006-2020. Their statistical characteristics (means, variances, histograms and autocorrelation functions) are determined, and trends are plotted. A comparative analysis of time series with each other is given. The averaged annual cycles obtained for this period are discussed.

**Keywords:** atmosphere, ozone, total ozone, instruments: M-124 and OMI, TO time series, annual variation.

УДК 004.42

## ОБРАБОТКА МАТРИЦЫ ТЕМПЕРАТУР ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ MLX90640 И RASPBERRY PI

**Величко Владислав Алексеевич**

Магистрант, кафедра электро- и теплоэнергетики,  
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

**Сабуров Вадим Сергеевич**

студент, кафедра компьютерной безопасности и математического  
обеспечения информационных систем,  
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

*В статье представлена информация о подготовке к работе датчика MLX90640 и вычисление среднего значения температуры на основе полученной матрицы температур объекта. В качестве устройства обработки данных был использован одноплатный компьютер Raspberry Pi. Инфракрасная камера MLX90640 была подключена к Raspberry Pi по интерфейсу I2C через двунаправленные линии связи SDA и SCL и использовала в работе библиотеку Adafruit.*

**Ключевые слова:** тепловизор, матрица температур, тепловизионная камера MLX90640, одноплатный компьютер Raspberry Pi, библиотека Adafruit.

Тепловизионные камеры для построения изображений используют в качестве исходного сигнала инфракрасное излучение, которое, по аналогии с видимым светом, занимает часть спектра электромагнитных волн. Однако тепловое изображение и фотография одного и того же объекта не одинаковы, так как различна длина волны регистрируемого электромагнитного излучения.

Вскоре после открытия взаимосвязи между излучением и теплом, выделяемым абсолютно черными телами, инфракрасные детекторы были запатентованы как способ прогнозирования температуры с помощью бесконтактных приборов [1].

В последние десятилетия, когда размеры интегральных микросхем постоянно уменьшались, а тепловизионные матрицы становились дешевле, инфракрасные детекторы нашли широкое практическое применение. Сегодня их можно встретить в медицинском оборудовании, а также в качестве приборов неразрушающего контроля в промышленности.

В данной статье рассмотрен один из способов получения матрицы температур объекта с помощью недорогого ( $\approx 60$  \$) датчика MLX90640 [2], который представляет собой тепловизионную камеру с разрешением 768 пикселей (24x32). В связке с микрокомпьютером Raspberry Pi датчик MLX90640 будет использован для построения и записи температурных карт с довольно высоким разрешением.

Минимальный набор компонентов для сборки инфракрасной камеры: одноплатный компьютер Raspberry Pi, ИК-камера MLX90640, соединительные провода Dupont и блок питания. Подключение модуля MLX90640 к Raspberry Pi представлено на рисунке 1.

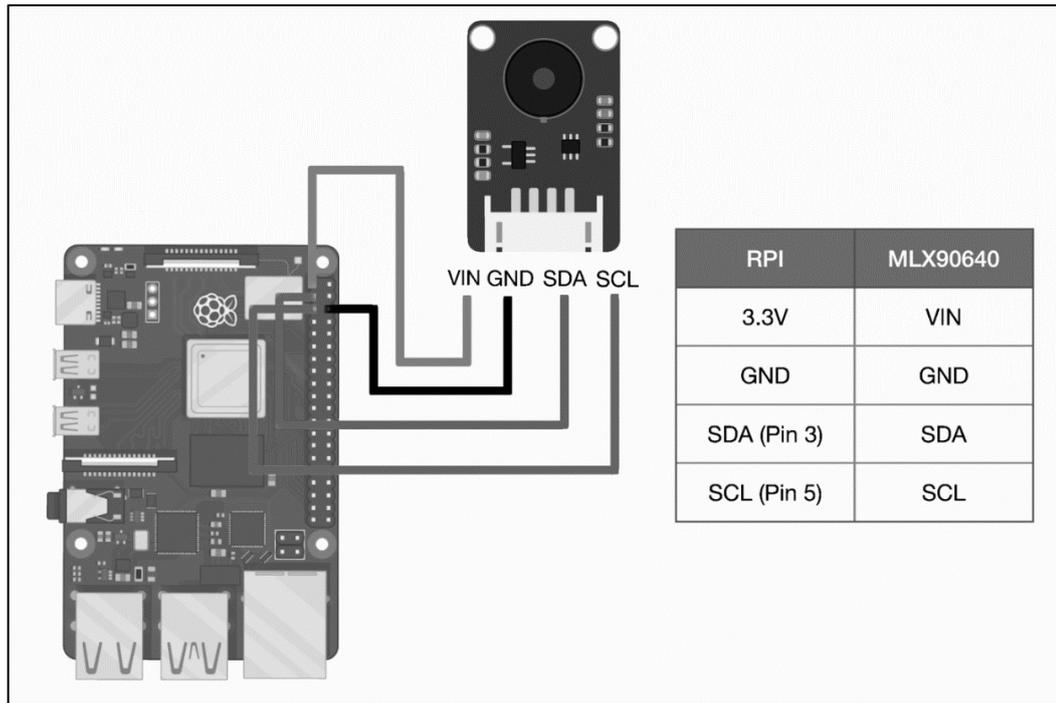


Рисунок 1- Схема подключения Raspberry Pi 4 Model B и MLX90640

MLX90640 и Raspberry Pi взаимодействуют по протоколу I2C, который использует аппаратные контакты 3/5 на Pi (SDA/SCL).

Для работы с переходной платой MLX90640 необходимо установить библиотеку Adafruit. Визуализация тепловой картины с датчика MLX90640 на языке Python может быть получена при вводе в терминал на Raspberry Pi следующих команд:

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo pip3 install matplotlib scipy numpy
```

Дополнительно необходимо установить инструменты I2C для RPi:

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install -y python-smbus
```

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install -y i2c-tools
```

А также убедиться в том, что интерфейс I2C включен:

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo nano /boot/config.txt
```

Последняя команда должна открыть загрузочный файл конфигурации Raspberry Pi. Необходимо прокрутить вниз до строки «dtparam=i2c\_arm=on» и убедиться в том, что она не закомментирована (рисунок 2).

```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
GNU nano 3.2 /boot/config.txt
#uncomment to overclock the arm. 700 MHz is the default.
#arm_freq=800
# Uncomment some or all of these to enable the optional hardware interfaces
dtparam=i2c_arm=on
#dtparam=i2s=on
#dtparam=spi=on
#
# Uncomment this to enable infrared communication.
#dtoverlay=gpio-ir,gpio_pin=17
#dtoverlay=gpio-ir-tx,gpio_pin=18
# Additional overlays and parameters are documented /boot/overlays/README
# Enable audio (loads snd_bcm2835)
dtparam=audio=on
[pi4]
^G Get Help ^O Write Out ^W Where Is ^K Cut Text ^J Justify ^C Cur Pos
^X Exit ^R Read File ^\ Replace ^U Uncut Text ^T To Spell ^_ Go To Line
    
```

Рисунок 2 - Проверка файла конфигурации Raspberry Pi

Теперь, когда I2C включен, необходимо перезагрузить RPi:  
 pi@raspberrypi:~ \$ sudo reboot.

После перезапуска Raspberry Pi, при условии, что MLX90640 подключен правильно, мы можем проверить порт I2C и убедиться, что RPi регистрирует MLX90640. Это можно сделать с помощью следующей команды: pi@raspberrypi:~ \$ sudo i2cdetect -y 1

В терминале должно появиться следующее (рисунок 3):

```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~ $ sudo i2cdetect -y 1
 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
10: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
30: -- -- -- 33 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
40: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
50: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
60: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
pi@raspberrypi:~ $
    
```

Рисунок 3 - Результат проверки порта I2C в терминале Raspberry Pi

Выведено число 33, которое является адресом I2C модуля MLX90640 (0x33).

После этого модуль MLX90640 готов к работе с Raspberry Pi. Однако, поскольку используется библиотека Adafruit, необходимо установить несколько других библиотек:

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo pip3 install RPI.GPIO adafruit-blinka
pi@raspberrypi:~ $ sudo pip3 install adafruit-circuitpython-mlx90640
```

Дополнительно для удобства работы с кодом может быть установлена интегрированная среда разработки и обучения Python (IDLE), но этот шаг необязателен. Можно было бы использовать и среду anaconda, но поскольку здесь используется RPi, мы выбрали IDLE (для Python 3). IDLE, если он еще не установлен, может быть установлен следующим образом:

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install idle3
```

Наконец, необходимо открыть IDLE или Anaconda и импортировать библиотеку MLX90640 из Adafruit, используя следующий тестовый код:

```
import time,board,busio
import numpy as np
import adafruit_mlx90640
```

```
i2c = busio.I2C(board.SCL, board.SDA, frequency=400000) # setup I2C
mlx = adafruit_mlx90640.MLX90640(i2c) # begin MLX90640 with I2C comm
mlx.refresh_rate = adafruit_mlx90640.RefreshRate.REFRESH_2_HZ # set
refresh rate
```

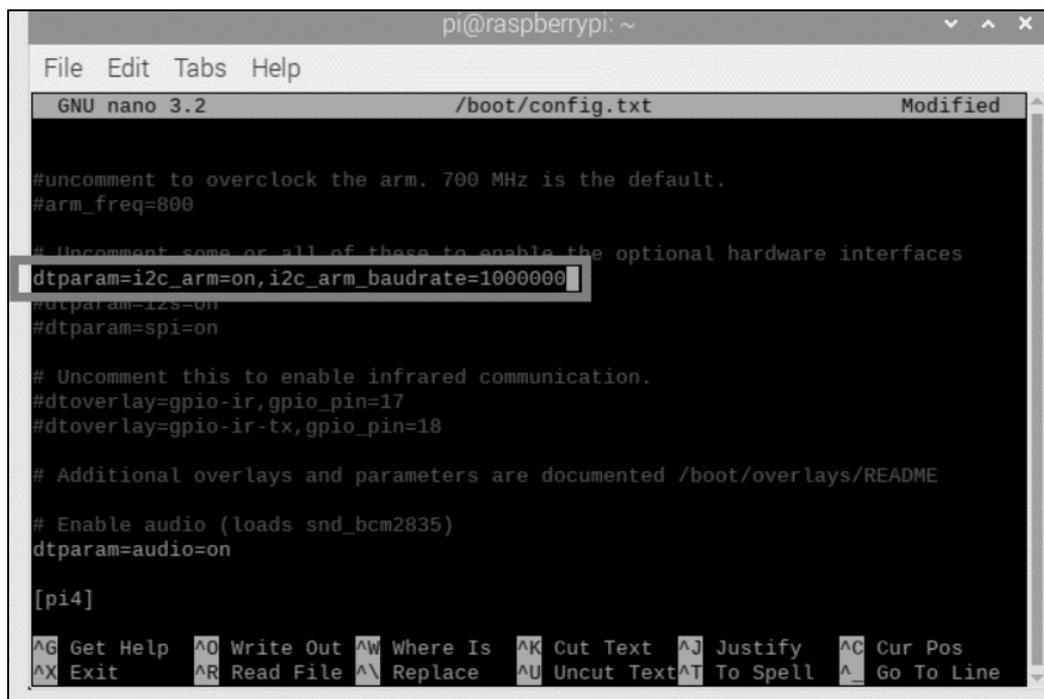
```
frame = np.zeros((24*32,)) # setup array for storing all 768 temperatures
while True:
    try:
        mlx.getFrame(frame) # read MLX temperatures into frame var
        break
    except ValueError:
        continue # if error, just read again
# print out the average temperature from the MLX90640
print('Average MLX90640 Temperature: {0:2.1f}C ({1:2.1f}F).\'
      format(np.mean(frame),(((9.0/5.0)*np.mean(frame))+32.0)))
```

Приведенный выше код должен вывести среднюю температуру, считанную MLX90640. Направив датчик MLX90640 на Raspberry Pi, мы получили среднюю температуру 42,8°C (109,0°F).

При чтении MLX90640 может появиться ошибка, связанная с проблемой частоты обновления. Её можно избежать, увеличив скорость чтения устройства I2C на RPi. Сначала необходимо обратиться к файлу «config.txt»:

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo nano /boot/config.txt
```

Прокрутив вниз до раскомментированного параметра «dtparam=i2c\_arm=on» необходимо добавить следующую строку, которая увеличивает скорость I2C до 1 Мбит/с.



```
pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
GNU nano 3.2 /boot/config.txt Modified
#uncomment to overclock the arm. 700 MHz is the default.
#arm_freq=800
# Uncomment some or all of these to enable the optional hardware interfaces
dtparam=i2c_arm=on,i2c_arm_baudrate=1000000
#dtparam=i2s=on
#dtparam=spi=on
# Uncomment this to enable infrared communication.
#dtoverlay=gpio-ir,gpio_pin=17
#dtoverlay=gpio-ir-tx,gpio_pin=18
# Additional overlays and parameters are documented /boot/overlays/README
# Enable audio (loads snd_bcm2835)
dtparam=audio=on
[pi4]
^G Get Help ^O Write Out ^W Where Is ^K Cut Text ^J Justify ^C Cur Pos
^X Exit ^R Read File ^\ Replace ^U Uncut Text ^T To Spell ^_ Go To Line
```

Рисунок 4 - Увеличение скорости I2C через терминал Raspberry Pi

Следует быть осторожным при увеличении скорости передачи данных по протоколу I2C выше рекомендуемой скорости (400 кбит/с). Высокая скорость может вызвать перегрев Raspberry Pi, поэтому важно убедиться, что плата правильно вентилируется или активно охлаждается.

В результате проведенного исследования была построена температурная карта с разрешением 24x32 и получено среднее значение температуры. Разработанный алгоритм подключения модуля MLX90640 к одноплатному компьютеру Raspberry Pi позволил упростить использование инфракрасных датчиков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. RADIANT ENERGY DETECTOR Earl D. Wilson, Wilkinsburg, Pa., assignor to Westinghouse Electric & Manufacturing Company, East Pittsburgh, Pa., a corporation of Pennsylvania // Application March 6, 1937, Serial No. 129,439.

2. MLX90640 32x24 IR array // Melexis inspired engineering [Электронный ресурс]:

URL: <https://www.melexis.com/en/documents/documentation/datasheets/datasheet-mlx90640> (дата обращения: 02.01.2023).

## **OBJECT TEMPERATURE MATRIX PROCESSING WITH MLX90640 AND RASPBERRY PI**

**Velichko V.A., Saburov V.S.**

The article provides information on preparing the MLX90640 sensor for operation and calculating the average temperature value based on the obtained object temperature matrix. Raspberry Pi single-board computer was used as a data processing device. The MLX90640 infrared camera was connected to the Raspberry Pi via the I2C interface via bidirectional SDA and SCL communication lines and used the Adafruit library.

**Keywords:** thermal imager, temperature matrix, MLX90640 thermal imaging camera, Raspberry Pi single-board computer, Adafruit library.

УДК 504.064.38

## СИСТЕМЫ ДАТЧИКОВ И ПРИБОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

**Галиуллина Эльмира Рамилевна**

Магистрантка, ФГБОУ ВО «Казанский государственный  
энергетический университет»

*В статье представлены рекомендации по контролю качества воздуха в учебных заведениях. Перечислены недостатки методов контроля качества воздуха в школах России. Обоснована необходимость усовершенствования нынешних методов контроля микроклимата в аудиториях. Предложены возможные краткосрочные и долгосрочные варианты систем. Рекомендованы организации, специализирующиеся в конструировании и внедрении систем для внедрения систем вентиляции и кондиционирования воздуха.*

**Ключевые слова:** приборы, датчики, автоматизация, микроклимат, воздух, здоровье, учебные заведения, вентиляция, кондиционирование, безопасность.

Дети и подростки большую часть своего времени проводят в учебных заведениях, однако о качестве воздуха в таких помещениях или о долгосрочных рисках, которые воздействие загрязняющих веществ создает для их здоровья и развития известно относительно мало. Несмотря на то, во многих странах существуют стандарты качества воздуха в помещениях учебных заведений, они редко подвергаются детальной оценке.

Загрязнение воздуха оказывает одно из самых серьезных воздействий на здоровье человека в течении всей его жизни. Статистика показывает, что в год около 5 миллионов преждевременных смертей происходят в результате воздействия воздуха в помещениях и на открытом воздухе. Хотя за последнее десятилетие глобальные показатели смертности снизились, в основном из-за ужесточения законодательства о загрязнении воздуха в Китае, последствия загрязнения воздуха все еще плохи даже в странах с развитой экономикой. Недавние исследования показали, что загрязнение окружающего воздуха в Европе является причиной гораздо большего фактора смертности, чем предполагалось ранее. Около 800 000 смертей в год напрямую связаны с загрязнением воздуха в Европе, при этом средняя ожидаемая продолжительность жизни снизилась на 2,2 года. Сердечно-сосудистые заболевания (включая инфаркты миокарда, инсульты, гипертонию, диабет и атеросклероз) составляют большую часть заболеваемости и смертности, вызванных загрязнением воздуха [1]. Во многих случаях воздух в помещениях обычно оказывается более загрязненным, чем наружный воздух, поскольку он содержит дополнительные загрязняющие вещества, выделяемые строительными материалами, потребительскими товарами и деятельностью человека.

Тема качества воздуха в учебных зданиях имеет особое значение, поскольку дети и подростки проводят в учебных заведениях больше времени, чем в любом другом помещении, кроме своего дома [2]. Документально подтвержденные последствия для здоровья, связанные с учебными зданиями, включают аллергию, астму, гиперактивность дыхательных путей и сердечно-

сосудистые заболевания [3]. Более того, последствия низкого качества воздуха в образовательных учреждениях не ограничиваются учащимися: два исследования в области гигиены труда в США показали, что работники сферы образования имеют самую высокую распространенность астмы, связанной с работой, среди всех профессий. Помимо этих прямых воздействий на здоровье, было показано, что низкое качество воздуха влияет на продуктивность и успеваемость учащихся, тем самым ухудшая условия обучения и влияя на академическую успеваемость и благополучие.

Одной из проблем российских школ является несоблюдение требований для поддержания необходимого качества воздуха в учебных помещениях, например, кабинеты редко проветриваются, игнорируются температура в помещении и влажность воздуха, что влияет на самочувствие обучающихся. Для решения этой проблемы предлагается внедрить систему приборов для контроля микроклимата помещения.

В качестве основных факторов влияния на самочувствие учащихся мы будем учитывать температуру и влажность воздуха, уровень содержания углекислого и угарного газов, запыленность и прошедшее после предыдущего проветривания время. На начальном этапе достаточна система приборов и датчиков, которая будет оповещать учителя о необходимости принятия мер (проветривание, отключение и включение дополнительного отопления, эвакуация). Данный вариант прост и дешев во внедрении, но требует участия человека, то есть у учителей появится дополнительные обязанности. Самой удобной альтернативой для долгого пользования является система автоматизированных приборов, где участие специалиста необходимо на стадии установки, настройки и для периодических проверок состояния оборудования. Преимуществом данного решения является участие учителей только в критических ситуациях, например, при пожаре. Так как подобные системы работают в режиме реального времени, микроклимат является стабильным, резким изменений не происходит, что снижает стресс организма, к примеру, к перепадам температуры в помещении. Данное решение дороже предыдущего, но в долгосрочной перспективе является неоспоримо лучшим вариантом [4].

В России существует множество компаний, предлагающих свои услуги в этой сфере, например, «New Vent», «Vozduh Vent», «WestClimate», «Turkov» и др., у которых можно заказать систему «под ключ», так и приборы по отдельности.

Подобные системы состоят из следующих компонентов:

- датчики температуры, загрязнений и тп., при необходимости возможна модификация, добавление датчиков обнаружения особых химических соединений, например, в школьных лабораториях;
- устройства и приборы контроля, например, дополнительное отопление, кондиционеры, очистители воздуха, сигнализация;
- исполнители и регуляторы, ответственные непосредственно за работу подключенных устройств и приборов;
- щиты автоматизации, объединяющие все компоненты в одну систему, возможно добавление функции отслеживания состояния приборов и микроклимата через портативные устройства.

В заключении необходимо отметить, что дети и подростки особенно восприимчивы к плохому качеству воздуха, поскольку в этом возрасте их организм развивается быстрее, чем у других возрастов, и негативные воздействия извне будут намного хуже влиять на их развитие. Установка даже

простых автоматизированных систем контроля микроклимата существенно повлияет на здоровье и самочувствие учащихся.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Будилова Е.В., Лагутин М.Б., Мигранова Л.А. Возраст-зависимые заболевания и загрязнение окружающей среды // Клиническая геронтология, 2017. Т. 23. № 9-10. С. 8–9.

2. Семушина О.П., Ушакова Н.В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на состояние здоровья детей // Бюллетень северного государственного медицинского университета, 2019. № 2(43). С. 97-98.

3. Крючкова Е.Н., Яцына И.В., Сухова А.В. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье детского населения // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. – Пермь, 2019. – С. 147-422.

4. Галиуллина Э.Р. Автоматизированные системы вентиляции в жилых и нежилых помещениях // XXV всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика: материалы конференции. – Казань, 2022. - С. 562 – 564.

---

### **SYSTEMS OF SENSORS AND DEVICES FOR MONITORING THE MICROCLIMATE IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS**

**Galiullina E.R.**

The article presents recommendations on air quality control in educational institutions. The disadvantages of air quality control methods in Russian schools are listed and the need to improve the current methods of microclimate control in classrooms is justified. Possible short-term and long-term variants of the systems are proposed. Organizations specializing in the design and implementation of systems for the implementation of ventilation and air conditioning systems are recommended.

**Keywords:** devices, sensors, automation, microclimate, air, health, educational institutions, ventilation, air conditioning, safety.

УДК 621.391.01

## **ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РЕАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ ЗЕМНОЙ СТАНЦИИ И РЕТРАНСЛЯТОРА СВЯЗИ РАДИОЛИНИИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ**

***Забело Александр Николаевич***

*Доцент, кандидат военных наук, Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного*

***Снежко Виктор Канистратович***

*Профессор, кандидат технических наук, доцент, Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного*

***Орлов Евгений Васильевич***

*Ст. преподаватель, кандидат технических наук, доцент Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного*

***Таиров Рашид Зейналович***

*Преподаватель, Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного*

***Горанько Сергей Александрович***

*Преподаватель, Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного*

*В статье подробно описаны особенности расчета реальной чувствительности приемных устройств земной станции и ретранслятора связи радиолиний спутниковой связи. Приведены особенности расчета эффективной температуры приёмного устройства, эквивалентной шумовой температуры антенны и эквивалентной шумовой температуры антенно-фидерного тракта. Также в расчете приводятся особенности учета шумов космического происхождения, шумов Земли и атмосферы. Получена таблица требуемых значений отношения сигнал/шум на входе демодулятора в зависимости от кодовой скорости и требуемого коэффициента ошибок.*

***Ключевые слова:*** *спутниковая радиосвязь, распространение радиоволн, эффективная температуры приёмного устройства, шумовая температура, реальная чувствительность приемника.*

В соответствии с методикой расчёта радиолинии спутниковой связи, приведённой в [1], шестым этапом является расчет реальной чувствительности приемных устройств земной станции и ретранслятора связи. Предыдущие этапы подробно рассмотрены в [1, 2].

Для определения реальной чувствительности приемных устройств необходимо определить эффективную температуру ( $T_э$ ) последних. Эффективная температура  $T_э$  характеризует полную мощность шумов, действующих на входе приемника, т.е. поступающих из антенно-волноводного тракта и собственных,

пересчитанных на вход. Полная эффективная температура приемного устройства, пересчитанная на вход приемника [3]:

$$T_{\text{эш}} = T_A \eta_{\text{пма}} + T_{\text{ф}} + T_{\text{ш}}, \quad (1)$$

где  $T_A$  – эквивалентная шумовая температура антенны;  $T_{\text{ф}}$  – эквивалентная шумовая температура антенно-фидерного тракта (АФТ),  $\eta_{\text{пма}}$  – коэффициент полезного действия АФТ приемной антенны;  $T_{\text{ш}}$  – шумовая температура приемника.

Шумовая температура приемника  $T_{\text{ш}}$  оценивает внутренние шумы линейной части ПРМ, пересчитанные на его вход. Она может быть выражена через коэффициент шума  $n_{\text{ш}}$  следующим образом:

$$T_{\text{ш}} = T_0 (n_{\text{ш}} - 1), \quad (2)$$

где  $T_0 = 290^{\circ}\text{K}$  – абсолютная температура среды, в которой работает приемник.

Чем ниже шумовая температура приемника, тем выше его чувствительность. Основной вклад в шум приемного устройства вносит первый каскад – малозумящий усилитель, этот коэффициент шума будет ненамного меньше коэффициента шума всего приемного устройства.

Эквивалентная шумовая температура волноводного тракта, работающего при абсолютной температуре выражается:

$$T_{\text{ф}} = T_0 (1 - \eta_{\text{пма}}). \quad (3)$$

Эквивалентная шумовая температура антенны представляется в виде составляющих:

$$T_A^{\text{эс}} = T_{\text{к}}(\beta^{\circ}) + T_{\text{а}}(\beta^{\circ}) + \theta T_{\text{з}} + T_{\text{ша}}; \quad T_A^{\text{рс}} = T_{\text{к}}(90^{\circ}) + T_{\text{а}}(90^{\circ}) + \theta T_{\text{з}} + T_{\text{ша}}, \quad (4)$$

где  $T_{\text{к}}(\cdot\cdot)$  – шумы космического радиоизлучения, зависящие от угла места;  $T_{\text{а}}(\cdot\cdot)$  – шумы излучения атмосферы, зависящая от угла места антенны;  $T_{\text{з}}$  – шумы излучение Земли;  $T_{\text{ша}}$  – собственные шумы антенны из-за наличия потерь в ее элементах;  $\theta$  – коэффициент, учитывающий усредненный уровень боковых и задних лепестков диаграммы направленности антенны (для антенн земных станций полагают  $\theta = 0,2$ , для антенн РС  $\theta = 0,2 \dots 0,4$ ).

Шумы космического происхождения определяются в основном излучениями Галактики, Солнца и Луны. Галактический космический фон обусловлен тепловым излучением ионизированного межзвездного газа, нетермическим излучением и обладает непрерывным спектром. Яркостная температура этого фона резко убывает с увеличением частоты. Усредненная температура шумов Галактики в худших условиях на частоте 1,5 ГГц не превышает 10°K, однако уже на частоте 4 ГГц она близка к нулю (меньше 0,1°K).

Шумовое излучение Солнца может полностью нарушить связь при попадании в главный лепесток диаграммы направленности антенны (яркостная температура может достигать несколько десятков тысяч градусов). Однако влияние Солнца можно свести к минимуму при конкретном расчете трассы участка. Излучение Луны оказывает еще меньшее влияние, т.к. ее шумовая температура значительно ниже шумовой температуры Солнца. Таким образом, в большинстве практических случаев составляющая  $T_{\text{к}}(\cdot\cdot)$  полагается равной нулю.

Шумовая температура атмосферы согласно закону Кирхгофа, вызвана нерезонансным поглощением радиоволны в газах и гидрометеорах, причем тем

больше, чем больше поглощение. Поэтому она определяется излучением спокойной атмосферы и влиянием осадков, а также зависит от частот сигнала и угла места антенны. При известном затухании радиосигнала в атмосфере без осадков и в осадках  $W_a + W_d$  шумовая температура атмосферы равна:

$$T_a(\beta^\circ) = 260 \frac{W_{\text{Ж}}}{W_{\text{И}}} - \frac{1}{W_a(\beta) + W_d(\beta)} \frac{W_{\text{П}}}{W_{\text{Ш}}} K. \quad (5)$$

Шумовая температура Земли  $T_3$  обусловлена её тепловым радиоизлучением, которое отражается от атмосферы (границы раздела Земля-воздух) и некоторая часть его принимается антенной земной станции.

Величина  $T_3$  уменьшается в области малых углов места антенны. Величина яркостной температуры зависит от формы диаграммы направленности приемной антенны и ориентации ее относительно Земли.

В расчетах при малых углах места эквивалентную температуру Земли  $T_3$  принимается равной 290 К, однако уровень шума на входе приемника зависит также и от уровня боковых лепестков диаграммы направленности антенны. В современных антеннах за счет боковых лепестков шумовая температура увеличивается на 10...30 К. Это справедливо и для антенн ретранслятора связи. При ориентации антенны ретранслятора на Землю, ее шумы будут преобладающими среди шумов других источников. Температура этих шумов составляет величину примерно 290<sup>0</sup> К.

При  $\beta = 15^\circ$ ,  $T_3$  выбирается в соответствии с таблицей 1 или определяется по эмпирической формуле  $T_3 = 23^\circ + 0,2(90^\circ - \beta^\circ)$ .

Таблица 1

**Номинальные значения фонового шума Земли  $T_3$  от диаметра антенны  $D$  при различных установках угла места**

Размер антенны $D$ , м	Угол места $\beta$ , градусы			
	15	20	25	>30
3,7	35	31	29	29
3,0	36	32	31	30
2,3	40	36	35	34
1,8	45	41	39	38
1,3	51	45	42	41
0,9	59	56	54	53
0,6	76	73	71	70

Для уменьшения влияния необходимо уменьшать тепловое излучение земной поверхности в месте расположения антенны, например, осуществлять металлизацию земной поверхности под антенной, т.к. из-за малых тепловых потерь такого покрытия заметно снижается антенная температура.

Произведем расчет реальной чувствительности приемников земной станции (ЗС) и ретранслятора связи (РС). Реальная чувствительность радиоприемника  $R_{\text{пм}}$  характеризуется минимальной мощностью сигнала на его входе, при которой обеспечивается заданное качество связи на интервале и в линии в целом. Поэтому расчёт реальной чувствительности приемников проводится с учетом нормирования качества связи на интервалах (участках)

механизма накопления искажений в линии в условиях замираний, режимов работы станций в линии и т.д.

Реальная чувствительность приемников в режиме передачи цифровых сообщений методом непосредственной манипуляции несущего колебания определяется скоростью передачи сообщений, методом манипуляции несущей, способом обработки сигнала в приемнике (когерентный, некогерентный), требованием к достоверности и т.д. Для когерентного и некогерентного приема:

$$P_{\text{пор}} = 10 \lg(h_0^2 k T_3 D f_{\text{ш}}) \text{ дБ, (6)}$$

где  $h_0^2$  – соотношение сигнал/шум на входе решающей схемы приемника для обеспечения заданной вероятности ошибок;  $k$  – постоянная Больцмана ( $1,38 \cdot 10^{-23}$  [Вт/(Гц·град)]);  $T_3$  – эффективная температура приемного устройства;  $f_{\text{ш}}$  – шумовая полоса частот приемного устройства, зависящая от вида модуляции радиосигнала и скорости передачи информации [4]:

$$D f_{\text{ш}} = 3 \nu B \text{ (7)}$$

где  $\nu = 1,2$  – коэффициент, учитывающий избирательные свойства приемника;  $B$  – скорость манипуляции несущего колебания.

При использовании многопозиционных сигналов скорость манипуляции уменьшается  $B = B_{\text{и}} / [\log_2(M)]$ , где  $M$  – число позиций модуляции радиосигнал. Скорость манипуляции возрастает в случае применения помехоустойчивого кодирования  $B = B_{\text{и}} / R_{\text{к}}$ , где  $R_{\text{к}}$  – скорость кода (при каскадном кодировании  $R_{\text{к}} = R_{\text{внутр}} \cdot R_{\text{внешн}}$ ). При передаче сервисных и служебных каналов скорость манипуляции также возрастает  $B = B_{\text{схр}} + B_{\text{ксс}}$ .

Связь между значениями  $p_{\text{ош}}$  и  $h_0$  при когерентном приеме выражается:

$$p_{\text{ош}} = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} \Phi(\delta h_0) \mathcal{L}_B \text{ (8)}$$

где  $\Phi(\delta h_0)$  – функция Крампа, определяется:

$$\Phi(\delta h_0) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\delta h_0} \exp\left\{-\frac{\delta^2 h_0^2}{2} \right\} dh_0 \text{ (9)}$$

где  $\delta$  – коэффициент, зависящий от вида манипуляции.

Необходимо отметить, что требования к величине  $h_0$  определяется скоростью кодирования, видом и числом позиций модуляции.

Требуемое значение  $h_0$  на входе демодулятора приемника земной станции определяется из таблицы 2, в зависимости от кодовой скорости  $R_{\text{к}}$  и требуемого коэффициента ошибок  $p_{\text{ош}}$  на выходе декодера. Данные приведены для модуляции 4ФМ, декодирования по алгоритму Витерби и учитывают погрешности аппаратной реализации.

Таблица 2

**Требуемое значение отношения сигнал/шум на входе демодулятора в зависимости от кодовой скорости и требуемого коэффициента ошибок**

Коэффициент ошибки, $p_{ош}$	$h_0$ , дБ		
	$R_k = 1/2$	$R_k = 3/4$	$R_k = 7/8$
$10^{-3}$	4,1	5,2	6,2
$10^{-6}$	6,0	7,5	8,6
$10^{-7}$	6,6	8,2	9,3
$10^{-8}$	7,1	8,7	10,2

С увеличением кратности многопозиционного сигнала улучшается частотная эффективность в  $k = \lg_2 M$  раз, однако при этом снижается помехоустойчивость:

$$h_s^2 = h_0^2 \lg_2 M, \quad (10)$$

где  $h_0^2$  – отношение сигнал/шум для ( $M = 2$ ), что является их недостатком.

Общее уравнение всей линии связи, состоящей из двух участков, будет зависеть от связи между суммарным отношением сигнал/шум на всей линии связи  $(P_c/P_{ш})_{\Sigma}$  и отношениями  $(P_c/P_{ш})_{вх.Б}$ ,  $(P_c/P_{ш})_{вх.ЗС}$ . Если на борту космического аппарата не проводится специальная «оптимальная» обработка, то можно считать, что шумы всех участков линии связи складываются, а, следовательно, необходимо, чтобы отношение сигнал/шум на каждом участке линии связи было больше, чем на всей линии, т.е.:

$$(P_c/P_{ш})_{вх.рс} > (P_c/P_{ш})_{\Sigma}, \quad (P_c/P_{ш})_{вх.рс} = a(P_c/P_{ш})_{\Sigma}, \quad (11)$$

$$(P_c/P_{ш})_{вх.зс} > (P_c/P_{ш})_{\Sigma}, \quad (P_c/P_{ш})_{вх.зс} = b(P_c/P_{ш})_{\Sigma}, \quad (12)$$

причем коэффициенты запаса  $a$  и  $b$  должны быть больше единицы, т. е.  $a > 1$ ,  $b > 1$  и выполняться условие  $1/a + 1/b = 1$ .

Поскольку, при сложении шумов 1-ой и 2-ой линий справедливо равенство:

$$\left(\frac{P_c}{P_{ш}}\right)_{\Sigma}^{-1} = \left(\frac{P_c}{P_{ш}}\right)_{вх.рс}^{-1} + \left(\frac{P_c}{P_{ш}}\right)_{вх.зс}^{-1}, \quad (13)$$

то, решив совместно уравнения (11-13), получим:

$$a = b/(b - 1) \text{ или } b = a/(a - 1). \quad (14)$$

С учетом этого при проектировании систем спутниковой связи осуществляется нормирование вероятностей ошибок на участках связи.

В линии с обработкой сигналов в ретрансляторе связи вероятности ошибок на участках ЗС-РС и РС-ЗС являются независимыми и определяются:

$$p_{ош} = p_{ош\text{рс}} + p_{ош\text{зс}}. \quad (15)$$

Полагая, что доля ошибок, вносимых первым и вторым участками, составляет  $1/a$  и  $1/b$  соответственно от их общего количества, получим:

$$p_{ош\text{рс}} = p_{ош}/a, \quad p_{ош\text{зс}} = p_{ош}/b. \quad (16)$$

Выражение (6) позволяет произвести нормирование соотношения «сигнал/шум» по участкам радиолинии спутниковой связи в соответствии с конкретными условиями проектирования. Стоит отметить, что значения

коэффициентов запаса при расчете рекомендуется выбирать в пределах  $a = 4,3...11$ ,  $b = 1,1...1,3$ .

Выражение (6) справедливо для идеального приема. В реальных условиях обычно принимается в расчет поправка на потери при технической реализации когерентного приема  $\Delta P_{\text{тех}} = 2...4$  дБ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Жирнов А.И., Забело А.Н, Веркин С.С., Таиров Р.З., Горанько С.А. Методика расчета энергетических показателей радиолинии спутниковой связи. Электронный журнал «Вопросы науки». – № 3, 2022. – с.49 - 54.
  2. Жирнов А.И., Селезнев А.В., Орлов Е.В., Таиров Р.З., Горанько С.А. Особенности расчета затуханий сигнала на участках радиолинии спутниковой связи. Электронный журнал «Вопросы науки». – № 4, 2022. – с.66 - 74.
  3. Волков Л. Н., Немировский М. С., Шинаков Ю. С. Системы цифровой радиосвязи: Учеб. пособие. – М.: Эко Трендз, 2005. – 492 с.
  4. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – 2-е изд. / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
- 

### PECULIARITIES OF CALCULATION OF REAL SENSITIVITY OF RECEIVING DEVICES OF EARTH STATION AND COMMUNICATION REPEATER OF RADIO LINK OF SATELLITE COMMUNICATION

**Zabello A. N., Snezhko V. K., Orlov E. V.  
Tairov R. Z., Goranko S. A.**

The article describes in detail the features of calculating the real sensitivity of the receiving devices of an earth station and a communication repeater of satellite radio links. The features of calculating the effective temperature of the receiving device, the equivalent noise temperature of the antenna and the equivalent noise temperature of the antenna-feeder path are given. Also, in the calculation, the features of taking into account noise of cosmic origin, noise of the Earth and the atmosphere are given. A table of required values of the signal-to-noise ratio at the demodulator input is obtained depending on the code rate and the required error rate.

**Keywords:** satellite radio communication, propagation of radio waves, effective temperature of the receiving device, noise temperature, real sensitivity of the receiver.

УДК 620.92:504.06

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**

***Иванов Данила Валерьевич***

*Магистр, ФГБОУ ВО «КГЭУ»*

***Танеева Алина Вячеславовна***

*Науч. рук. канд. хим. наук, доцент., ФГБОУ ВО «КГЭУ»*

*В работе обоснована актуальность использования биогаза как альтернативного источника энергии. Освещена ответственность за влияние на окружающую среду. Показано выгода и польза, так как производство биогаза ставится все более привлекательным для инвесторов, так как может гарантировать дополнительный источник дохода от продажи органических удобрений и сокращения платы за безопасную (безвредную) утилизацию органических отходов.*

***Ключевые слова:*** *Биогаз, биогазовая технология, биогазовая установка, техногенный след, экологический ущерб, уменьшение вредоносности.*

Биогазовая энергетика растет неуклонными темпами каждый год, поэтому появляются новые решения для более эффективного использования и получения отходов, получаемых со свалок и животноводческих предприятий. Одно из таких решений "способы хранения свалочного газа", для дальнейшего эффективного использования в различных отраслях. Еще одним способом является не посредственное использование биогаза близлежащими промышленными или административными зданиями в качестве энергии для отопления [1].

В настоящее время получение энергии является одним из более значительных следствий техногенного загрязнения окружающей среды, то есть основывается по своей природе на использовании не возобновляемого сырья углеводородного происхождения и подкрепляется выбросами и сбросами вредных веществ в нашу атмосферу, водохранилища и оказывает пагубное влияние на почвы при его добыче и использовании. Также этому способствуют следующие благоприятные причины.

- 1) Высокая стоимость природного газа, которая с каждым годом приближается к европейским ценам.
- 2) Повышенное внимание к выбросам парниковых газов, в первую очередь CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.
- 3) Очистка остаточных продуктов, городских и промышленных сточных вод.

В России для теплоснабжения в коммунальном хозяйстве используются десятки тысяч котлов, несколько тысяч котлов в промышленности при производстве электроэнергии, большая часть из которых оснащена горелочными устройствами для сжигания природного газа. Использование биогаза крайне ограничено в промышленных масштабах, поэтому биогаз подают в котлы и горелочные устройства, которые предусмотрены для сжигания природного газа. Специальные устройства, разработанные для биогаза, применяются крайне редко. Рассмотрим возможное использование существующих горелочных

устройств и котлов, разработанных под стандартный газ, для сжигания биогаза [2].

Собственная автономная биогазовая энергетика позволит ликвидировать зависимость от растущей стоимости газа, тепла и электроэнергии, возможных сбоев в поставках сетевых энергоресурсов, повысит конкурентоспособность производителей сельхозпродукции, позволит снизить экологическую нагрузку. Именно на решения в сфере биогаза в России ожидается наибольший спрос по сравнению с другими направлениями возобновляемой энергетики.

Таблица 1

**Составы и рассчитанные величины газов.**

Источник	Состав газа, % (об.)						Рассчитанные величины		
	CH4	C2 H6	CO2	N2	O2	H2S	Uн,с м\с	рг,кг /нм^3	Qнр, кДж/нм
Природный газ (стандартный)	98	2	0,84	1,05	-	-	38	0,77	36757
Очистные сооружения (биогаз)	67,75	-	31,75	0,48	0,42	-	21	1,05	22412
Спиртзавод(био газ)	69.3	-	30,2	0,2	0.3	-	23	1,1	24890
Животноводческая ферма(биогаз)	69,44	-	30,36	0,09	-	0,11	23	1,1	24941

Из таблицы 1 видно, что основное отличие в составе биогаза составляет наличие более 30% CO<sub>2</sub>, что влияет на плотность, теплотворность газов и нормальную скорость распространения пламени. Если мы собираемся использовать биогаз в теплоснабжение необходимо осуществить перевод горелочных устройств природного газа на сжигание биогаза, таким образом мы сталкиваемся с главными проблемами. Скорость распространения пламени биогаза, что существенно ниже по сравнению с природным газом. Дальность струи биогаза в 1.38 раза больше, чем у природного газа, из-за чего при горении возникает нарушение распределения струй в воздушном потоке, снижение устойчивости горения и склонности к отрыву факела. Для биогаза, и без того склонного к прерыванию факела, это довольно важная характеристика. Также для обеспечения нужного расхода топлива диаметр сопловых отверстий горелочного устройства следует увеличить примерно в 1.5 раза, как и объем подаваемого газа [3].

Также, когда речь идет о биогазе нужно отметить доступность сырья. Данный ресурс выгоден не только из-за получаемой энергии и экологичности, он дает возможность получения разных видов энергоресурсов: газа, топлива, тепловой энергии, электроэнергии. Многим предприятиям выгодно рассмотрение приобретения своей автономной биогазовой установки это позволит снизить зависимость от растущей стоимости газа, тепла и электроэнергии, а также возможных прерываниях в поставках сетевых энергоресурсов. Повысит

конкурентоспособность производителей сельхозпродукции, позволит снизить экологическую нагрузку [4].

- Биогазовые проекты решают проблему утилизации отходов предприятий АПК, пищевой промышленности и водоканалов
- Осуществляется санитарная обработка сточных вод, переработка сточных вод в чистую воду и жидкие или гранулированные удобрения с высокой азотно-фосфорно-калийной составляющей
- уровень вредных выбросов при сжигании биогаза на порядок меньше, чем у угля, мазута и дизтоплива.
- Биогазовые проекты напрямую (за счет переработки) и косвенно (за счет замещения углеводов в энергобалансе) сокращают выбросы в атмосферу парниковых газов – метана и CO<sub>2</sub>.

Для успешного начала развития биогазовой энергетики в России необходимо принять следующие меры. Разработать возможные проекты и программы развития биогазовой энергетики. Запуск нескольких проектов в области биогазовых технологий, которые продемонстрируют наиболее эффективные и выгодные для предприятий подходы к использованию различных видов отходов в качестве источника энергии, для их применения в будущем на территории всей страны. Развитие на основе одного из стартовых биогазовых проектов центра экспертного и инженерного консультирования. Комплекс мер по содействию привлечения финансирования в биогазовые проекты, включая более жесткий экологический контроль, а также контроль за использованием земель сельхозназначения.

Понимая ответственность, которую, мы несем за загрязнение окружающей среды перед нашими современниками и будущим обществом, все больше отечественных компаний, сюда же относится и непосредственно нефтегазовый сектор, разрабатывают проекты и реализуют методы по повышению эффективности производства при уже осуществляемом сокращении воздействия на природу и здоровье человека [5].

Все чаще энергопроизводители встречаются с ужесточением требований к качеству предоставляемых товаров и услуг. Ужесточению касается в основном качества продукции, а не изменения ее свойств.

Несмотря на это существует множество мнений экспертов, в том числе и члены Международного газового союза, которые сходятся в своих идеях, что традиционный природный газ является топливом переходного периода на пути к преимущественному использованию возобновляемых источников энергии. На данный момент биоэнергетику однозначно можно считать одним из наиболее перспективных видов возобновляемых источников энергии не только в России, но и во всем мире.

Один из сегментов (а именно) производство биогаза, становится все более привлекательным для инвесторов, так как может гарантировать дополнительный источник дохода от продажи органических удобрений и сокращения платы за безопасную (безвредную) утилизацию органических отходов [6].

Еще одним перспективным направлением исследования в наше время становятся проекты оценки потенциала и применения технологий по использованию биогаза в промышленности, например, на снижение использования природного газа, для постоянных нужд, снижение нагрузки на отопление и ГВС, по средствам попеременного использования традиционного энергоносителя и альтернативного.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьев А.Е., Павлов Г.И., Борисов С.Г., Загретдинов А.Р. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза // Патент RU 2422385, 2011.

2. Ибадов, А. А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства / А. А. Ибадов // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях: Сборник материалов VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Альметьевск, 1112 мая 2017 года / Под общей редакцией С.В. Юдиной. Альметьевск: Издательство «Перо», 2017. – С. 150-151.

3. Aw, K.T.; Ooi, K.T. A Review on Sliding Vane and Rolling Piston Compressors. Machines 2021, 9, 125.4. Калачева С.Р., Кондратьев А.Е.

4. Лабораторная установка для исследования метанового сбраживания органических отходов с получением биогаза // Патент на полезную модель RU 105449 U1, 10.06.2011. Заявка № 2011102657/05 от 24.01.2011.

5. Ахметова Р.В., Звонарева Ю.Н., Шорохов И.Р. Разработка и исследование энергоэффективных методов сжигания газового топлива в энергетических системах // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. №1 (53). С. 13-23.

6. Дремичева Е.С., Эминов А.А. Эколого-экономические аспекты использования торфа в энергетике // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. №1 (53). С. 96-108.

---

## THE USE OF BIOGAS IN THE MODERN WORLD

**Ivanov D. V., Scientific advisor Taneeva A. V.**

The paper substantiates the relevance of using biogas as an alternative energy source. Responsibility for the impact on the environment is highlighted. The benefits and benefits are shown, as the production of biogas is becoming more and more attractive to investors, as it can guarantee an additional source of income from the sale of organic fertilizers and a reduction in fees for the safe (harmless) disposal of organic waste.

**Keywords:** Biogas, biogas technology, biogas plant, technogenic footprint, environmental damage, harmfulness reduction.

УДК 658.264

## ИМПУЛЬСНАЯ ПОДАЧА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

**Макеев Андрей Николаевич**

*К.т.н., доцент кафедры теоретических основ теплотехники  
им. М. П. Вукаловича ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»*

*Рассматривается возможность использования потенциала импульсной циркуляции теплоносителя для очистки поверхностей теплообменного оборудования. Представлено схемное решение для реализации предлагаемого способа, защищенное патентом Российской Федерации на изобретение. В основе технического решения лежит принцип работы гидродинамического вододоподъемного устройства на основе гидравлического тарана. Отмечены ключевые преимущества предлагаемого способа в сопоставлении с известными вариантами организации гидродинамической очистки.*

**Ключевые слова:** *система теплоснабжения, тепловая сеть, система теплоснабжения, импульсная подача теплоносителя, локальный гидравлический удар.*

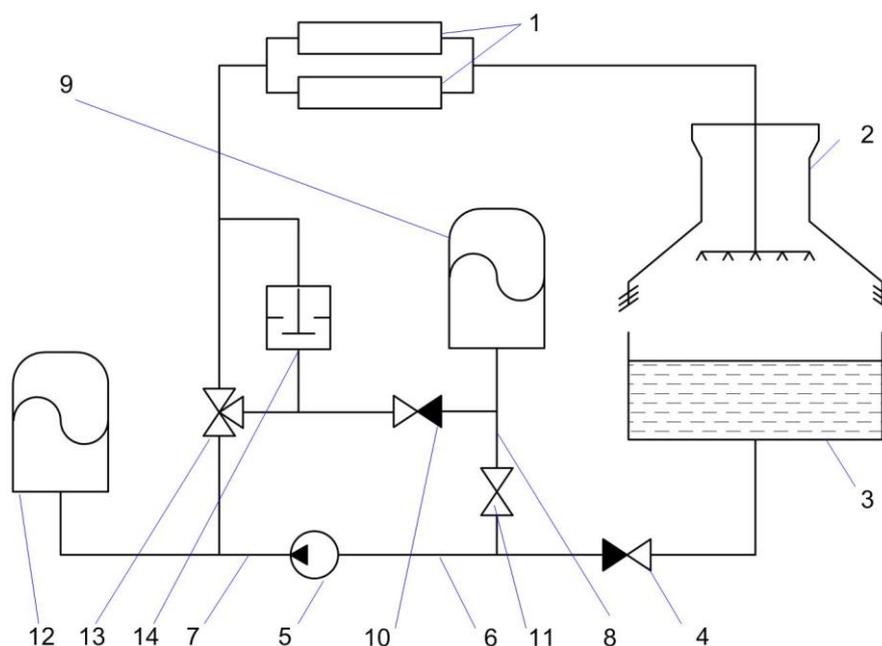
Развитие концепции импульсного теплоснабжения, которое было положено в работе [1], предполагает возможность использования потенциала импульсной подачи теплоносителя для повышения энергетической эффективности максимально возможного количества элементов, определяющих непосредственно эту систему теплоснабжения, а также вспомогательных систем и устройств, используемых для обеспечения ее надежного и устойчивого функционирования.

Промывка теплоэнергетического оборудования и очистка теплообменных поверхностей, как одно из необходимых мероприятий поддержания надлежащего состояния и обеспечения нормального функционирования теплоэнергетических систем, при этом не является исключением.

Предлагаемое устройство для импульсной очистки теплообменных поверхностей с использованием потенциала импульсно колеблющегося потока теплоносителя (Рис. 1) работает следующим образом.

Сначала замкнутый контур заполняют рабочей средой – жидкостью. В первый гидравлический аккумулятор 9 закачивают воздух под давлением, необходимым для обеспечения импульсного вытеснения из него жидкости в перепускной трубопровод 8 на вход циркуляционного насоса 5 по всасывающему трубопроводу 6 с требуемым расходом. Во второй гидравлический аккумулятор 12 закачивают воздух под давлением, необходимым для защиты циркуляционного насоса 5 от пульсаций давлений, генерируемых ударным узлом 14 [2] в нагнетательном трубопроводе 7. Трехходовой кран переключения режимов 13 переводят в положение, при котором перепускной трубопровод 8 отключен от нагнетательного трубопровода 7. Задвижку 11 переводят в положение, при котором перепускной трубопровод 8 отключен от всасывающего

трубопровода 6.



*Рисунок 1 - Схема импульсной очистки теплообменных поверхностей:  
 1 – группа промываемых теплообменных аппаратов; 2 – охладитель;  
 3 – сборный резервуар; 4 – первый обратный клапан; 5 – циркуляционный насос; 6 – всасывающий трубопровод; 7 – нагнетательный трубопровод;  
 8 – перепускной трубопровод; 9 – первый гидравлический аккумулятор;  
 10 – второй обратный клапан; 11 – задвижка; 12 – второй гидравлический аккумулятор; 13 – трехходовой кран переключения режимов;  
 14 – ударный узел.*

Далее производят очистку теплообменных аппаратов 1 и связанных с ним трубопроводов по схеме оборотного водоснабжения, когда работает циркуляционный насос 5. Жидкость от него с рабочим расходом по нагнетательному трубопроводу 7 через открытый трехходовой кран переключения режимов 13 поступает к группе теплообменных аппаратов 1, затем в охладитель 2 со сборным резервуаром 3 и через первый обратный клапан 4, установленный на всасывающем трубопроводе 6, вновь поступает к циркуляционному насосу 5. Второй гидравлический аккумулятор 12 при этом частично заполняется жидкостью.

Для зарядки первого гидравлического аккумулятора 9 жидкостью трехходовой кран переключения режимов 13 переводят в положение, при котором жидкость от циркуляционного насоса 5 поступает к группе теплообменных аппаратов 1 через ударный узел 14, который в автоматическом самоподдерживающемся режиме или вследствие внешнего управляющего воздействия периодически перекрывает проходное сечение нагнетательного трубопровода 7. При закрытии ударного узла 14 возникает гидравлический удар, положительная волна распространения которого обеспечивает импульсную подачу жидкости по перепускному трубопроводу 8 через второй обратный клапан 10 в первый гидравлический аккумулятор 9. В этот же момент остаточная энергия гидравлического удара движется по нагнетательному трубопроводу 7 ко второму

гидравлическому аккумулятору 12, где происходит ее демпфирование без накопления объема жидкости [5]. Отрицательная волна гидравлического удара в этот момент воздействует на группу теплообменных аппаратов знакопеременным давлением.

После зарядки первого гидравлического аккумулятора 9 трехходовой кран переключения режимов 13 возвращают в исходное положение, при котором перепускной трубопровод 8 отключен от нагнетательного трубопровода 7. Задвижку 11 переводят в положение, при котором перепускной трубопровод 8 подключен ко всасывающему трубопроводу 6 и жидкость под напором, создаваемым первым гидравлическим аккумулятором 9, поступает по всасывающему трубопроводу 6 на вход циркуляционного насоса 5.

В результате этого расход жидкости, циркулирующей через группу теплообменных аппаратов 1 и связанные с ним трубопроводы, резко возрастает относительно рабочего расхода, обеспечиваемого только циркуляционным насосом 5 в исходном состоянии. Это происходит за счет того, что после открытия задвижки 11 давление жидкости, подаваемой в группу теплообменных аппаратов 1, резко увеличивается от прибавки давления, накопленного в первом гидравлическом аккумуляторе 9. В итоге этого резко повышается скорость движения жидкости через группу теплообменных аппаратов 1 и связанных с ними трубопроводов, что и обеспечивает отрыв и удаление отложений.

Продолжительность импульсного повышения расхода ограничена временем истечения жидкости из первого гидравлического аккумулятора 9 по перепускному трубопроводу 8 через задвижку 11 во всасывающий трубопровод 6. По окончании истечения жидкости закрывается задвижка 11 и трехходовой кран переключения режимов 13 переводят в положение, при котором жидкость от циркуляционного насоса 5 поступает к группе теплообменных аппаратов 1 через ударный узел 14, после чего начинается новый цикл зарядки первого гидравлического аккумулятора 12 для последующей очистки группы теплообменных аппаратов 1 и связанных с ними трубопроводов.

Количество циклов очистки определяется характером и интенсивностью образования отложений в системе обратного водоснабжения. По окончании очистки трехходовой кран переключения режимов 13 переводят в положение, при котором перепускной трубопровод 8 отключен от нагнетательного трубопровода 7. Задвижку 11 переводят в положение, при котором перепускной трубопровод 8 отключен от всасывающего трубопровода 6.

В результате применения предлагаемого устройства для импульсной очистки теплообменных поверхностей исключается необходимость использования дополнительного насоса для реализации режима импульсной прочистки поверхностей нагрева с увеличенным расходом промывающей жидкости через промываемый теплообменник, а также повышается эффективность очистки теплообменных поверхностей за счет использования гидроударного аккумулялирования расхода и давления промывающей жидкости на источнике давления – гидравлическом аккумуляторе.

Учитывая отмеченные преимущества, можно полагать, что предлагаемое техническое решение содержит в себе значительный потенциал для очистки поверхностей теплообменного оборудования за счет использования импульсов количества движения теплоносителя, раскрытие которого является лишь вопросом времени. С учетом данного обстоятельства на имя ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» подана заявка на изобретение Российской Федерации [3; 4].

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Makeev A. N. Импульсная система теплоснабжения общественного здания: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. Н. Makeev. – Пенза, 2010. – 20 с.
2. Пат. на изобретение 2718399 Российская Федерация, МПК F15B 21/12, F16K 1/00. Ударный узел / А. Н. Makeev; заявитель и патентообладатель федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва». – № 2019133561; заявл. 22.10.2019; опубл. 02.04.2020, Бюл. № 10.
3. Пат. на изобретение 2783738 Российская Федерация, МПК F28G 9/00, B08B 9/032. Устройство для импульсной очистки теплообменных поверхностей / А. Н. Makeev; заявитель и патентообладатель федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ». – № 2022106407; заявл. 11.03.2022; опубл. 16.11.2022, Бюл. № 32.
4. Пат. на изобретение 2783739 Российская Федерация, МПК F28G 9/00, B08B 9/032. Устройство для импульсной очистки теплообменных поверхностей / А. Н. Makeev; заявитель и патентообладатель федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ». – № 2022106408; заявл. 11.03.2022; опубл. 16.11.2022, Бюл. № 32.
5. Пат. на полезную модель 99553 Российская Федерация, МПК F04F 7/00. Водоподъемное устройство / А. П. Левцев, А. Н. Makeev; заявитель и патентообладатель гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва». – № 2010125580/06; заявл. 22.06.2010; опубл. 20.11.2010, Бюл. № 32.

**PULSE COOLANT SUPPLY FOR HYDRODYNAMIC CLEANING OF HEAT EXCHANGING SURFACES****Makeev A. N.**

The possibility of using the potential of the pulsed circulation of the coolant for cleaning the surfaces of heat exchange equipment is considered. A schematic solution for the implementation of the proposed method is presented, protected by a patent of the Russian Federation for an invention. The technical solution is based on the principle of operation of a hydrodynamic water-lifting device based on a hydraulic ram. The key advantages of the proposed method are noted in comparison with the known options for organizing hydrodynamic cleaning.

**Keywords:** heat supply system, heat network, heat consumption system, pulsed coolant supply, local water hammer.

УДК 501

## ШКАЛЫ И ИХ ФРЕЙМЫ В ГЕОКАТАСТРОФИКЕ

**Сергеев Владимир Анатольевич**

*Младший научный сотрудник Института вычислительной математики  
и математической геофизики, СО РАН*

*В статье детализированы представления о шкалах измерения – вообще и в геокатастрофике. Предложена логика развития теории шкал измерения. Введены понятия о фреймах данных и знаний для разных шкал. Предлагаются нормативы, которым должны удовлетворять любые теории или учения, содержащие кванты знаний. В качестве квантов знаний любой теории зафиксированы необходимые конструкты эпистемологии и кибернетики.*

**Ключевые слова:** эмпирические исследования, элементарные данные, геокатастрофика, шкалы измерения, фреймы, нормативы теории, кванты знаний.

### 1. О типах шкал и элементарных данных.

Ранее в работах по математике и смежным научным дисциплинам - анализу данных, вычислительной геологоразведке, геокибернетике [1-4,6-8,10-11 и др.] вводились разные определения термина «шкала» (применительно к эмпирическим исследованиям = ЭИ и к фиксации их результатов). Эти определения мало чем отличались одно от другого. Их слабая конструктивность и ясность не позволяли ни использовать их в ЭИ, ни развивать теорию шкал. Одна из попыток компенсации этих недостатков была предпринята мною в работах [14,15].

Шкалы измерений [8,10,11,16] являются шкалами представления данных как при эмпирических исследованиях (в ходе экспериментов или наблюдений), так и при задании значений «психогенных» свойств - вымышленных либо чувственных. Говоря о шкалах измерений, подразумеваемых в каждой из таких ситуаций, далее для краткости и общности будем вместо термина «шкала измерений» использовать только термин «шкала» (считая их синонимами).

«Шкала» - это не табло, не экран, не линия с делениями на приборе. Когда мы определяем значение некоторого свойства на объекте, то мы говорим о «шкале» этого определения. При этом мы имеем в виду: и всё множество возможных значений этого свойства, и пространственную основу привязки значений этого свойства, и допустимые математические преобразования над этим свойством, и операции над всеми сразу значениями этого свойства (в частности - в связи со сменой нуля шкалы, единицы измерений шкалы или с перекодировкой данных шкалы).

В геокатастрофике [5,15,17 и др.] используются различные шкалы. Геокатастрофами будем считать процессы на Земле (как естественные, так и антропогенные, как от неживых источников, так и от живых источников биологического происхождения – эпидемически, криминально или политически инспирированных), приводящие к «большим» человеческим жертвам и\или ущербу людям - материальному и\или моральному. О различии шкал в геокатастрофике и шкал измерений – в работе [5].

В настоящее время не все вопросы, возникающие при использовании шкал, решены, проработаны и изложены с достаточной ясностью. В данной статье продолжается работа по восполнению этого пробела, начатая автором в работах [12-15,17].

Будем считать, что шкала = это тип элементарных данных = ЭД, размещённых в некотором порядке с некоторыми ограничениями – как на отдельные ЭД, так и на их пул (= однородное множество, выборку). Среди «сильных» шкал выделяют абсолютную (А), интервалов (И) (синоним - предпочтений), отношений (О) и разностей (Р). Среди «слабых» шкал выделяют шкалу наименований (Н) (синонимы – имён, номинальную, классификационную, логическую 2-го рода) и шкалу порядка (П) (синонимы – порядковую, ранговую, логическую 1-го рода).

О типах ЭД в шкалах, о вариантах их порядка и о типах ограничений на ЭД написано мною в [15]. Этот текст (как и приведённая в нём «Характеристическая таблица шкал») остаётся в силе. Далее здесь приводятся мною тезисы о важных и существенных дополнениях к этому тексту.

2. О логике развития теории шкал измерения и их фреймов.

Эта логика имеет следующий вид: >>>

>>> продуцирование знаний + решение задач науки и практики;  
>>> нормативы получения данных и знаний в реальном пространстве  $R = \{XYZTF\}$  = (координаты – время – свойства) или в одном из его подпространств  $\Delta R$  [14], а также в виртуальных (=ментальных) пространствах  $VP$  (людей или животных) и  $VC$  (компьютеров и роботов); >>> теории о данных, знаниях, информации [12-15], (в том числе – о квантах данных (КД), о квантах знаний (КЗ), о квантах информации (КИ) – значений свойств (прямых и косвенных) или отношений, имманентных или приписанных, реальных или виртуальных и др.; >>> шкалы для КД, для КЗ, для КИ и для их пулов (= однородных множеств, наборов, выборок); >>> фреймы для КД, для КЗ, для КИ в разных шкалах и для пулов этих КД, КЗ, и КИ в разных шкалах.

3. О фреймах данных и знаний для разных шкал

Определим фрейм шкалы как вместилище данных некоторого типа в некотором порядке. Фрейм есть некоторая структура, допускающая один (или несколько) из возможных условий наполнения для её элементов и возможные связи между этими элементами.

Пример фрейма для шкалы Н (Н-фрейма).

Пусть  $A = \{a_i\}$ ,  $i=1,2,\dots, m$  – алфавит из  $m$  обобщённых «букв». Каждая «буква» является одним из следующих КД : буква (из обычных алфавитов), слово, фраза, иероглиф, рисунок, цифра, число, картинка. Пусть Н-фрейм является структурой из  $n$  элементов (=мест). Пусть соблюдено обычное [15] условие на пул данных Н-шкалы: преобразование всех значений пула может быть только произвольным однозначным (=перекодировка в новый алфавит). Тогда возможны следующие варианты условия размещения данных пула для Н-фрейма: (1) размещение на  $n$  местах одной и той же буквы из  $\{a_i\}$ ; (2) при  $m > n$  все  $a_i$  на  $n$  местах различны; (3) при  $m > n$  и при  $m < n$  некоторые из  $a_i$  на  $n$  местах могут повторяться заданное число раз. Возможно также задание Н-фрейма для отдельных из  $n$  мест – в виде условий появления (либо нет) на каждом месте той или иной буквы из  $\{a_i\}$ .

Описание фреймов для других шкал – предмет следующих статей.

4. О нормативах развития теории шкал измерений

Разрабатывая новую теорию или её фрагмент, полезно конструировать её из «кирпичиков», элементов - указанных ниже квантов знаний и отдавать себе отчёт в том, какого типа квантом является каждый из элементов вашей теории. Анализируемая или разрабатываемая теория должна удовлетворять неким нормативам, которые мы предлагаем ниже.

Кванты знаний и нормативы теории приведены здесь в рамках развития положений, содержащихся в источниках [1-4,6-11] списка литературы. В чём-то эти положения упрощены и сокращены, в чём-то – развиты, скорректированы и обобщены.

Зафиксируем в качестве квантов любой теории (учения) следующие знания (конструкты), введя их сокращённые обозначения (термиксы).

Ц – цель теории, её применения, её места среди существующих наук, её преемственность или оторванность от других прошлых учений.

Н – нормативы (методологические положения) о разработке теории и/или о введении её элементов, о том, что может быть её квантом знаний и о том, какие способы получения знаний, их проверки и отбраковки принимаются в качестве допустимых.

ПТ - парадигма теории (методологическая концепция об основных терминах и аксиомах, о доминирующих моделях предметной области, о способах постановки и решения проблем и задач в этой теории).

ОИ — объект исследований теории - это объекты из подпространств пространства  $\{X,Y,Z,T,F\}$ , выделенные и представленные формально (что желательно) либо неформально.

ПИ — предмет исследований теории — это свойства («стороны», атрибуты, признаки, отношения), заданные на ОИ в ходе эмпирических и/или теоретических исследований.

Т – термин (одно или несколько слов) данной теории, содержащийся в её тексте (НТ – новый термин, СТ – старый термин); термину может соответствовать термикс (символьное обозначение термина, в данном случае - Т).

О – определение (краткое раскрытие смысла термина).

П - понятие (подробное раскрытие смысла термина).

$\{\Xi\}$  - независимые переменные (координаты X,Y,Z, время T, свойства F).

$\Psi$  - зависимые переменные (координаты X,Y,Z и/или время T и/или свойства F).

Ф – факт, т.е. приборно и/или экспертно определённое значение  $\Psi$ , полученное в ходе эксперимента, при следующих условиях: ► при заданном диапазоне значений  $\{\Xi\}$ , ► при заданной ситуации наблюдения и/или эксперимента = эмпирических исследований (ЭИ), ► при сертифицированных и эталонированных (по их детальности, точности, устойчивости работы) приборах и/или экспертах, ► при обеспечении чистоты ЭИ (без влияния мешающих факторов или с их строгим учётом), ► при возможности свободного и компетентного внешнего контроля за ЭИ, ► при возможности воспроизведения ЭИ с подтверждением или опровержением данного факта (=верифицируемость), ► при возможности отказа от факта в случае его многократного последующего неподтверждения (=фальсифицируемость).

п – предикат - отношение или свойство, заданное на n объектах  $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ ; эти объекты могут быть «реальными» или «идеальными»;  $n = 1, 2, \dots$ ; n – число мест n – местного предиката; при  $n = 1$  предикат  $p(\alpha)$  одноместный (он является свойством на объекте  $\alpha$  или унарным отношением на  $\alpha$ ), при  $n = 2$  предикат  $p(\alpha, \beta)$  двуместный (бинарное отношение между  $\alpha$  и  $\beta$  или свойство, определяемое на паре некоторых объектов и приписанное одному объекту из этой пары, -

например, вес тела  $\alpha$ , определённый на Земле и приписанный для  $\alpha$ ), при  $n = 3$  предикат  $p(\alpha, \beta, \gamma)$  трёхместный (триарное отношение между  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ ), и т.д.; факт  $\Phi$  - это частный случай предиката  $p$ ; примеры отношений  $p$ : взаимно направленных - соседства, одновозрастности, родственности; однонаправленных - причинности, кредита, жертвы, гражданства; взаимно- или однонаправленных — любви, заботы, верности.

$S$  – суждение – результат применения предиката  $p$  к объектам  $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ ;

$V$  – высказывание – оценка истинности суждения  $S$  (значения истинности могут быть равны И (истина) или Л (ложь), либо в цифровом обозначении - 1 или 0).

$U$  – умозаключение (в т.ч. продукция вида «если ..., то ...») – логический вывод из объединения нескольких суждений, являющийся новым суждением.

$Z$  – закон — это детерминированное отображение множества значений  $\{\Xi\}$  одной переменной на множество значений  $\Psi$  других переменных (эмпирически выявленное или теоретически заданное, аналитически, графически, таблично, диаграммно, мультимедийно или вербально фиксированное).

$ZM$  - закономерность – статистическое отображение (со случайной ошибкой при её заданных свойствах) множества значений  $\{\Xi\}$  одной переменной на множество значений  $\Psi$  других переменных (эмпирически выявленное или теоретически заданное, аналитически, графически, таблично, диаграммно, мультимедийно или вербально фиксированное).

$M$  – модель (имитация, симуляция, макет, установка, система и др.) объекта, взятого из предметной области, для которой построена теория; типы моделей: в полном пространстве «координаты-время-свойства»  $\{X, Y, Z, T, F\}$  или в одном из его подпространств (статические-динамические; пространственные либо нет; одно-, двух-, трёх-, четырёхмерные; без свойств, с одним или со многими свойствами); физическая (предметная) либо информационная (знаковая) – математическая, компьютерная, словесная, графическая, аудио-видео-мультимедийная.

$A$  – аксиома (постулат, догмат) - базовое утверждение о  $\Phi$ , или о  $Z$ , или о  $ZM$ , или о  $M$ , предлагаемое к принятию на веру без доказательства.

$G$  – гипотеза = не доказанное полностью утверждение о достоверности  $\Phi$ ,  $p$ ,  $U$ ,  $Z$ ,  $ZM$ , или  $M$ .

$P$  – проблема (или задача, подзадача, процедура, вопрос), соответствующая цели  $C$  и детализирующая её.

$K$  – критерий качества достижения  $C$  или решения  $P$  (являющийся функцией от показателей содержательного качества и/или цены достижения  $C$ ).

$PP$  — простые процедуры математики и искусственного интеллекта (выполняемые формально и/или математически - в отличие от их интуитивных аналогов): классифицирование объектов, сравнение объектов с помощью мер сходства, вычисление близости свойств по мерам связи, количественное оценивание и ранжирование объектов, группирование (=кластеризация) объектов по их свойствам, алгоритмическое описание объектов, вычисление близости функций, аппроксимация и интерполяция функций, кодирование объектов по их свойствам, фильтрация функций, поиск закономерностей в функциях, перечислительное районирование, перечислительное периодирование и др. Без формализмов, математических аппаратов и компьютеров эти процедуры быстро (но с проблематичной точностью) осуществляются на интуитивном уровне не только практиками, но и учёными. Однако при больших объёмах и при сложных структурах данных без алгоритмов и компьютеров не обойтись.

СП — сложные процедуры математики и искусственного интеллекта (выполняемые формально и\или математически - в отличие от их интуитивных аналогов, с применением компьютеров): распознавание образов (=диагностическое классифицирование по косвенным свойствам), диагностическое районирование, диагностическое периодирование, косвенное оценивание, решение прямых и обратных задач по системе уравнений и др.

СД – схема достижения Ц (вычислительная или операциональная) на основе других квантов знаний: формула, алгоритм, метод, методика, технология, приём, компьютерная программа или система.

Р – реализация СД в ходе разрешения П, решения задачи, ответа на вопрос.

#### ВЫВОДЫ

Следуя логике развития теории шкал измерения, детализированы представления о шкалах измерения – вообще и в геокатастрофике. Введены понятия о фреймах данных и знаний для разных шкал. Предложены нормативы, которым должны удовлетворять любые теории или учения, содержащие кванты знаний. В качестве квантов знаний любой теории зафиксированы необходимые конструкты эпистемологии и кибернетики. В дальнейшем работа автора будет продолжена анализом фреймов для других шкал измерений - для объектов и отношений, для геокибернетики и иных сфер науки и практики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воронин Ю.А., Еганов Э.А. Методологические вопросы применения математических методов в геологии. - Новосибирск: Наука, 1974. - 86 с.
2. Воронин Ю.А., Сергеев В.А. К методологии и теории формального задания и использования структур в геоинформатике // Тр. междунар. конф. «Математические методы в геофизике» / ИВМиМГ СО РАН. - Новосибирск, 2003. - С. 641-646.
3. Воронин Ю.А., Черемисина Е.Н. О базовых задачах искусственного интеллекта и мультидисциплинарных исследованиях. Часть 1. Описание, сравнение, классифицирование и распознавание. – Новосибирск: изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2001. – 235 с.
4. Воронин Ю.А., Черемисина Е.Н. О базовых задачах искусственного интеллекта и мультидисциплинарных исследованиях. Часть 2. Оценивание, районирование, периодирование, предсказание и организация. – Новосибирск: изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2002. – 177 с.
5. Гусяков В.К., Сергеев В.А. К сертификации шкал измерений для опасных природных процессов // Научный аспект. - №4. – 2020. – С.3-11.
6. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. – Новосибирск: Изд-во ИМ СО РАН, 1999. – 270 с.
7. Загоруйко Н.Г. Когнитивный анализ данных. - Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2013. – 186 с.
8. Ильясов Ф. Н. Шкалы и специфика социологического измерения // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. - 2014. - № 1. - С. 3-16.
9. Клещев А.С. Реализация фреймовых моделей с помощью реляционного языка программирования // Языки представления знаний и вопросы реализации экспертных систем. – Владивосток. - 1984. - С. 13-20.
10. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. - 208 с.
11. Пфанцагель И. Теория измерений. – М.: 1976. – 225с.

12. Сергеев В.А. Верификация и кастинг данных, информации, знаний и их носителей в социуме // Коммуникативные стратегии информационного общества: Тр. 4-ой Междун. науч.-теор. конф., 16-18.11.2011, Спб. - С. 137-145.

13. Сергеев В.А. Кванты знаний и нормативы теории // Коммуникативные стратегии информационного общества: Труды IX-ой Междунар. науч.-теор. конф. 26-29 окт. 2017. - СПб.: Изд-во Политехн. Ун-тета, 2017.- С.78 — 86. 9. 11. 14. Сергеев В.А. Разработка теоретических вопросов и алгоритмов формального описания геологических объектов для решения задач прогнозирования и оценки с помощью ЭВМ. - Отчёт о НИР / ВЦ СО АН СССР. - № гос.рег. ГР8312514, инв. № Б986534. - Новосибирск, 1987. - 113 с.

15. Сергеев В.А. Шкалы свойств и отношений: новая систематика // Актуальные вопросы образования и науки: сб. науч. Тр. по материалам Международной науч.-практ. конф. 30.11.2015. Часть 1. М-во обр. и науки РФ. Тамбов: ООО «Консалт. комп. Юком», 2015. - С. 125-131.

16. Суппес П., Зиннес Дж. Основы теории измерений // Психологические измерения. - М., Мир. - 1967. - С. 9-110.

17. Sergeev V. A. To development of the computational exploration // Abstracts. The Int. Conf. "Advanced mathematics, computations and applications – 2014". Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences / Novosibirsk, Russia, July 8-11, 2014. P. 107.

---

## SCALE AND THEIR FRAMES IN GEOCATASTROPHICS

**Sergeev V. A.**

The article details the idea of measurement scales - in general and in the geocatastrophics. The logic of the development of the theory of measurement scales is proposed. The concepts of data and knowledge frames for different scales are introduced. Norms are proposed, which any theories or teachings containing quanta of knowledge must satisfy. Necessary constructs of epistemology and cybernetics are fixed as knowledge quanta of any theory.

**Keywords:** empirical research, elementary data, geocatastrophics, measurement scales, frames, theory norms, knowledge quanta.

УДК 501

## ШКАЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ИХ МНОГОЗНАЧНОСТЬ

**Сергеев Владимир Анатольевич**

*Младший научный сотрудник Института вычислительной математики  
и математической геофизики, СО РАН*

*В статье уточнены представления о шкалах эмпирических исследований (экспериментов и наблюдений), введены основные их характеристики (тип элементарных данных, допустимое математическое преобразование над каждым значением элементарных данных) и вспомогательные параметры (фиксация нуля, диапазона и масштаба, допустимые математические операции и инвариантности). Введены понятия о «многозначных шкалах» и «многозначных измерениях», приведены их примеры из геокатастрофики.*

**Ключевые слова:** *шкалы, эмпирические исследования, типы и виды шкал, характеристика шкал по их параметрам, многозначные шкалы, многозначные измерения.*

В разных научных работах по теории измерений, анализу данных, исследованию операций, искусственному интеллекту, технической кибернетике выделяются и рассматриваются различные виды шкал [1,2,3,4,6,7,9,10,11,12,13,14,15,16 и др.]. Все эти шкалы делятся на сильные и слабые. Каждую из сильных шкал называют также арифметической (синонимы - количественной или метрической).

Среди сильных шкал выделяют абсолютную (А), интервалов (И) (синоним - предпочтений), отношений (О) и разностей (Р).

Среди слабых шкал выделяют шкалу наименований (Н) (синонимы – имён, номинальную, классификационную, логическую 2-го рода) и шкалу порядка (П) (синонимы – порядковую, ранговую, логическую 1-го рода).

Обозначим  $f_p$  -  $p$ -ое свойство, значениями которого охарактеризован некий объект. Множество возможных ЗНАЧЕНИЙ ДАННЫХ сильной шкалы принадлежит континуальному (бесконечному и непрерывному) либо дискретному (конечному или бесконечному) множеству некоторой области определения  $OO(f_p)$ , а данных слабой шкалы А или П – некоторому конечному множеству  $OO = \{ f_p^v \}$  ( $v=1, \dots, V$ ), - где  $V$  – общее число различных значений  $f_p^v$  – не упорядоченных для шкалы Н и линейно упорядоченных для шкалы П.

Далее мы охарактеризуем упомянутые шкалы, введя необходимые определения и сокращения.

Пусть  $A_i, A_j$  – объекты;  $A$  - полное множество из  $I$  рассматриваемых объектов ( $i, j=1, 2, \dots, I$ ). Пусть  $\Delta A^k$  -  $k$ -е подмножество объектов ( $k=1, 2, \dots, K$ );  $\Delta A^k \in A$ . Объекты для формального и математического оперирования с ними должны быть выделены в полном пространстве наблюдений  $R = \{XYZTF\}$  или в одном из его подпространств  $\Delta R \subset R$  [11]. Здесь  $R = \{XYZ\}$  – координаты 3-мерного евклидова геометрического пространства наблюдений,  $T$  – время, а  $F$  - множество

свойств. Если объекты ещё не выделены в пространстве  $R = \{XYZ\} \subset R$ , то  $A_i, A_j$  являются точками в  $R$ ;  $F$  – множество  $P$  свойств, значения которых приписаны всему  $A_i$ , частям  $A_i$  или точкам  $A_i$ ;  $f_p$  -  $p$ -ое свойство;  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_p, \dots, f_P\}$  является  $P$ -мерным пространством свойств  $F$ ;  $P$  - число различных свойств (возможно, в разных шкалах);  $f_p^g$  -  $g$ -ое значение  $p$ -ого свойства ( $g = 1, 2, \dots, G$ );  $\Phi_D$  — фиксированный диапазон  $D(f_p) = [f_p^{\min}, f_p^{\max}]$  возможных значений  $f_p$ ;  $OO(f_p)$  - область (односвязная или многосвязная) допустимых значений (=область определения) свойства  $f_p$ ; в случае шкалы  $H$  значениями  $f_p$  являются символы (в частности, буквы) и  $D(f_p)$  совпадает с  $OO(f_p)$ , являясь полным набором всех различных символов (в частности, алфавитом букв или списком имён); отличие диапазона  $D(f_p)$  от области определения  $OO(f_p)$  в том, что  $OO(f_p)$  может быть многосвязной (состоять из отрезков, с пропусками), а  $D(f_p)$  состоит из одного отрезка с границами  $f_p^{\min}, f_p^{\max}$ ; их соотношение:  $OO(f_p) \subset D(f_p)$ ; обозначим:  $\Phi_D=0$ , если  $D(f_p)$  не зафиксирован (как, например, для меняющегося во времени множества в шкале  $H$  различных названий всех фирм стран Мира),  $\Phi_D=1$ , если зафиксирован только  $f_p^{\min}$ ,  $\Phi_D=2$ , если зафиксирован только  $f_p^{\max}$ ,  $\Phi_D=3$ , если зафиксированы и  $f_p^{\min}$ , и  $f_p^{\max}$ .

$\Omega$  - множество различных отношений, каждое из которых задано на некотором  $\Delta A^k$ ;  $\omega_m$  -  $m$ -ое из этих отношений;  $m = 1, 2, \dots, M$ ;  $M$  - число различных отношений.

$S$  — множество типов шкал;  $s_q$  -  $q$ -я шкала;  $s_q(f_p)$  - шкала, в которой определены значения свойства  $f_p$ .

Каждая из шкал  $H, П, P, O, И, A$  характеризуется по следующим параметрам.

ЭЛ – элемент; этот параметр определяет, что является элементом шкалы (её элементарным данным  $f_p^g$ , являющимся значением для  $f_p$ : ЛЗ – любой знак (в том числе буква, слово, фраза, иероглиф, рисунок, вектор, цифра, число (целое или вещественное) – для «слабых» шкал  $H$  и  $П$ ; в этом случае множество допустимых (возможных) различных значений  $f_p^g$  в данной шкале конечно либо бесконечно, априори фиксировано или нет, и является либо нет континуумом в области определения  $OO(f_p)$ ; ВЧ – вещественное число (в частности, натуральное) – для «сильных» шкал; в этом случае множество допустимых (возможных) различных значений  $f_p^g$  в данной шкале бесконечно либо конечно, априори фиксировано либо нет (последнее — в шкале-фрейме), и является либо нет континуумом в области определения  $OO(f_p)$ .

ДП – допустимое математическое преобразование  $\phi = \phi(f_p)$  над каждым значением  $f_p^g$  при условии, что одно и то же это  $\phi$  производится сразу над всеми  $f_p \in OO(f_p)$ . Понятно, что говорить о математическом преобразовании  $\phi = \phi(f_p)$  не имеет смысла, если в качестве ЭЛ выступает не ВЧ, а ЛЗ. Это  $f$  трактуется [7,10,16] как связь между данными «идеальной» и данной шкалы. Какими могут быть значения ДП: <1>  $\phi(f_p)$  есть произвольное однозначное (ПО) преобразование;  $\phi(f_p)$  – произвольное монотонное (ПМ) преобразование, сохраняющее порядок на значениях  $f_p^g$ ; <2> линейное преобразование  $\phi(f_p) =$

а  $f_p + v$  (где  $a$  и  $v$  – вещественные числовые коэффициенты); <3> преобразование сдвига  $\phi(f_p) = f_p + v$ ; <4> преобразование растяжения  $\phi(f_p) = a \times f_p$ ; <5> тождественное преобразование (т.е. никакие преобразования не допустимы):  $\phi(f_p) = f_p$ .

ФН – фиксация нуля: зафиксирован ли жёстко нуль  $f_p^0$  шкалы; в частности, является ли он «естественным», и если «да», то сдвиг шкалы не допустим и  $v=0$ , «да» или «нет»; возможны следующие ситуации: при ФН=0 нуль  $f_p^0$  не зафиксирован (не задан, не определён и может быть назначен произвольно, либо  $f_p^0$  не имеет смысла — для шкалы Н); при ФН=1 нуль  $f_p^0$  совпадает со значением  $f_p^{\min}$ , а при ФН=2 нуль  $f_p^0$  совпадает с некоторым значением  $f_p \in [f_p^{\min}, f_p^{\max}]$ , назначенным из содержательных соображений (например, в шкале температур Цельсия нуль связан с температурой замерзания воды).

ФД — фиксация диапазона  $D(x_p) = [f_p^{\min}, f_p^{\max}]$  возможных значений  $f_p$ ; в случае шкалы Н значениями  $f_p$  являются символы (в частности, буквы) и  $D(f_p)$  совпадает с  $OO(f_p)$ , являясь полным набором всех различных символов (в частности, алфавитом букв или списком имён); отличие диапазона  $D(f_p)$  от области определения  $OO(f_p)$  в том, что  $OO(f_p)$  может быть многосвязной (состоять из отрезков, с пропусками), а  $D(x_p)$  состоит из одного отрезка с границами  $f_p^{\min}, f_p^{\max}$ ; их соотношение:  $OO(f_p) \subset D(f_p)$ ; обозначим: ФД=0, если  $D(f_p)$  не зафиксирован (как, например, для меняющегося во времени множества в шкале Н различных названий всех фирм стран Мира), ФД=1, если зафиксирован только  $f_p^{\min}$ , ФД=2, если зафиксирован только  $f_p^{\max}$ , ФД=3, если зафиксированы и  $f_p^{\min}$ , и  $f_p^{\max}$ .

ФМ – фиксация масштаба: зафиксирован ли жёстко масштаб (единица измерения) шкалы? Если «да», то  $a=1$ .

ИВ – инвариантность выражений: какие из следующих арифметических выражений (равенств или неравенств) будут инвариантны относительно допустимого преобразования данных соответствующей шкалы? Выражения: (1)  $f_p^{g1} = f_p^{g2}$  или  $f_p^{g1} \neq f_p^{g2}$ ; (2)  $f_p^{g1} < f_p^{g2}$  или  $f_p^{g1} > f_p^{g2}$ ; (3)  $(f_p^0 - f_p^{g1}) / (f_p^0 - f_p^{g2}) = C1$  (4)  $f_p^{g1} - x f_p^{g2} = C2$ ; (5)  $f_p^{g1} / f_p^{g2} = C3$ ; здесь  $C1, C2, C3$  – некоторые константы. Понятно, что эти выражения имеют смысл только для шкал Р, О, И, А.

МО – математические операции: какие математические операции (арифметические либо статистические) допустимы (имеют смысл) над значениями (данными) из эмпирической выборки рассматриваемой шкалы? Список МО: (1) определение перечня всех различных значений  $f_p^g$  и частот встречаемости каждого из значений  $f_p^g$  в выборке на объектах  $A_i$  в  $A$ ; (2) определение для  $f_p^g$  крайних ( $f_p^{\min}, f_p^{\max}$ ) и средних величин, их частот встречаемости на объектах  $A_i$  в  $A$ ; (3) построение функции распределения статистических значений (частот) для  $f_p^g$  на объектах  $A_i$  в  $A$ , а также определение для них таких характеристик распределения, как квантиль, медиана, моды; (4) определение статистических моментов распределения

значений (обычных, центрированных и нормированных) и функций от них - стандарта, асимметрии, эксцесса для  $f_p^g$  на объектах  $A_i$  в  $A$ ; (5) сложение и вычитание величин  $f_p^{g1}$  и  $f_p^{g2}$ ; (6) умножение и деление величин  $f_p^{g1}$  и  $f_p^{g2}$ .

На основе параметров ЭЛ, ДП, ФН, ФМ, ИВ и МО мною построена характеристическая таблица для шкал разных типов [15]. Напомним, что тип шкалы определяется параметрами ЭЛ, ДП, ФН, ФМ, а параметры ИВ и МО характеризуют свойства шкал.

Многозначные измерения (МИ) и многозначные шкалы (МШ).

Основными способами определения реальных значений  $f_p$  (в отличие от виртуальных) являются эксперимент и наблюдение. Обычно при этом одной точке  $re$  пространства  $R = \{XYZT\}$  или его некоего подпространства - из набора:  $\{X\}, \{Y\}, \{Z\}, \{T\}, \{XY\}, \{YZ\}, \{XZ\}, \{XT\}, \{YT\}, \{ZT\}, \{XYZT\}$  приписывается лишь одно значение  $f_p^g$  каждого свойства  $f_p$ . Ситуация многозначных измерений (МИ) имеет место, когда каждой точке  $rg$  подпространства из  $R = \{XYZT\}$  приписывается кортеж  $Kg = \langle f_p^{g1}, f_p^{g2}, \dots, f_p^{gL} \rangle$  значений того же свойства  $f_p$ . В итоге шкала свойства  $f_p$  из однозначной превращается в многозначную шкалу (МШ). Тогда обработка результатов эксперимента или наблюдений данных в МШ требует применения дополнительных процедур математической обработки. Приведём примеры.

Пример-1: сейсмограмма. В ней для каждого значения времени  $T$  ставится в соответствие кортеж  $Kg = \langle f_p^{g1}, f_p^{g2}, \dots, f_p^{gL} \rangle$  значений свойства  $f_p$  - интенсивности ( $Z$ -амплитуды или  $XY$ -смещения) пришедшего сейсмического волнового поля в РАЗНЫЕ точки регистрации сейсмоприёмниками. Значения  $f_p^{gi}$  определяются в шкале отношений, а затем либо алгоритмически суммируются с временной задержкой (для дальнейшей обработки) либо экспертно выделяются первые вступления ожидаемых волн (проходящих, отражённых, преломлённых, продольных или поперечных) - также для последующей обработки и интерпретации.

Пример-2: экспертное оценивание (группой специалистов) в баллах (шкалы порядка) балльности землетрясения (сотрясаемости, интенсивности) по «шкале» землетрясений Меркалли [5] - на основе наблюдаемых и/или замеренных в точке координат  $\{XY\}$  последствий землетрясения. В итоге получается кортеж  $Kg = \langle f_p^{g1}, f_p^{g2}, \dots, f_p^{gL} \rangle$  значений балльности сотрясаемости в шкале порядка от  $L$  экспертов для некоторой точки  $\{XY\}$ . Из этих  $L$  значений некой процедурой (согласования или пересчёта) получают одно значение сотрясаемости в шкале порядка.

Пример-3: шкала ураганов Саффира—Симпсона [5,8] используется для аналогичной экспертной оценки (в баллах шкалы порядка) косвенного свойства силы волн урагана по прямым свойствам скорости ветра и масштаба катастрофических последствий от ветра и волн (оба - в абсолютной шкале).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воронин Ю.А., Сергеев В.А. К методологии и теории формального задания и использования структур в геоинформатике // Тр. междунар. конф. «Математические методы в геофизике» / ИВМиМГ СО РАН. - Новосибирск, 2003. - С. 641-646.

2. Воронин Ю.А., Сергеев В.А. Описание геологических тел: итоги и перспективы. - Отчёт о НИР / ВЦ СО АН СССР. - №гос.рег.7653432, Инв.№Б705945. - Новосибирск, 1979 (в 3-х томах). - 675 с.
  3. Воронин Ю.А., Черемисина Е.Н. О базовых задачах искусственного интеллекта и мультидисциплинарных исследованиях. Часть 1. Описание, сравнение, классифицирование и распознавание. – Новосибирск: изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2001. – 235 с.
  4. Воронин Ю.А., Черемисина Е.Н. О базовых задачах искусственного интеллекта и мультидисциплинарных исследованиях. Часть 2. Оценивание, районирование, периодирование, предсказание и организация. – Новосибирск: изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2002. – 177 с.
  5. Гусяков В.К., Сергеев В.А. К сертификации шкал измерений для опасных природных процессов // Научный аспект. - №4. – 2020. – С.3-11.
  6. Загоруйко Н.Г. Когнитивный анализ данных. - Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2013. – 186 с.
  7. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. – Новосибирск: Изд-во ИМ СО РАН, 1999. – 270 с.
  8. Мурти Т.С. Сейсмические морские волны цунами. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 448 с.
  9. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. - 208 с.
  10. Пфанцгль И. Теория измерений. – М.: 1976. – 225с.
  11. Сергеев В.А. Разработка теоретических вопросов и алгоритмов формального описания геологических объектов для решения задач прогнозирования и оценки с помощью ЭВМ. - Отчёт о НИР / ВЦ СО АН СССР. - № гос.рег-ции ГР8312514, Инв.№ Б986534. - Новосибирск, 1987. - 113 с.
  12. Суппес П., Зиннес Дж. Основы теории измерений // Психологические измерения. - М., Мир, 1967. - С. 9-110.
- 

## **SCALES OF MEASUREMENT AND THEIR MULTIPLE VALUE**

**Sergeev V. A.**

The article clarifies ideas about the scales of empirical studies (experiments and observations), introduces their main characteristics (type of elementary data, allowable mathematical transformation over each value of elementary data) and auxiliary parameters (fixation of zero, range and scale, allowable mathematical operations and invariance). The concepts of "multi-valued scales" and "multi-valued measurements" are introduced, their examples from the geocatastrophics are given.

**Keywords:** scales, empirical studies, types and kinds of scales, characterization of scales by their parameters, multi-valued scales, multi-valued measurements.

УДК 620.172.2

## **FACTORS AFFECTING THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF PRODUCTS MANUFACTURED BY THE 3D PRINTING METHOD**

***Sokolova Victoria Maksimovna***

*Master. Stepykin Anton Viktorovich,  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Dzerzhinsky Polytechnic Institute (branch) Nizhny Novgorod  
State Technical University named after R. E. Alekseev*

***Tarlovskaya Elena Aleksandrovna***

*Candidate of Pedagogical Sciences, associate professor.  
Dzerzhinsky Polytechnic Institute (branch) Nizhny Novgorod  
State Technical University named after R. E. Alekseev*

*Nowadays, 3D printing is increasingly used in various industries. This is due to the simplicity, reduced time and cost of manufacturing complex parts. However, the question of the reliability of these products and their service life arises. The strength of products is largely related to the thickness of the structural elements and the properties of the materials from which they are made.*

*3D printing is a complex technological process that can be influenced by many different factors. For this purpose, the materials most commonly used for the additive method, 3D printers and methods for filling products have been considered. Important points are also such features as the degree of filling of the product and the conditions in which the manufacture of structural elements is carried out. The direction of the layers can also play a key role in the strength characteristics of such products. Therefore, a modern design engineer needs to take a comprehensive approach to the process of manufacturing parts and avoid the occurrence of various kinds of defects.*

***Keywords:*** *3D printing, 3D printer, additive technologies, strength characteristics, structural materials, degree of filling, shrinkage, temperature.*

In modern production, the role of additive technologies is increasing. Ensuring the reliability and durability of such parts is the most important task for design engineers. Currently, 3D printing is increasingly used in the mass production of parts in various industries: shipbuilding, aerospace, transport engineering, and the military-industrial complex. The use of 3D printing reduces the cost of parts and leads to a reduction in manufacturing time. Both of these factors are of applied interest for industrial companies in a highly competitive environment [1].

The strength of products is largely determined by the thickness of the components and the properties of the material from which they are made. However, for 3D printed parts, other factors may also interfere.

To begin with, it is worth sorting out the main materials used for printing. Due to their diversity, there is an excellent opportunity to create functional, beautiful and highly effective models and prototypes. Table 1 lists the basic materials for 3D printing and their main characteristics [2].

Table 1

**Basic materials for 3D printing**

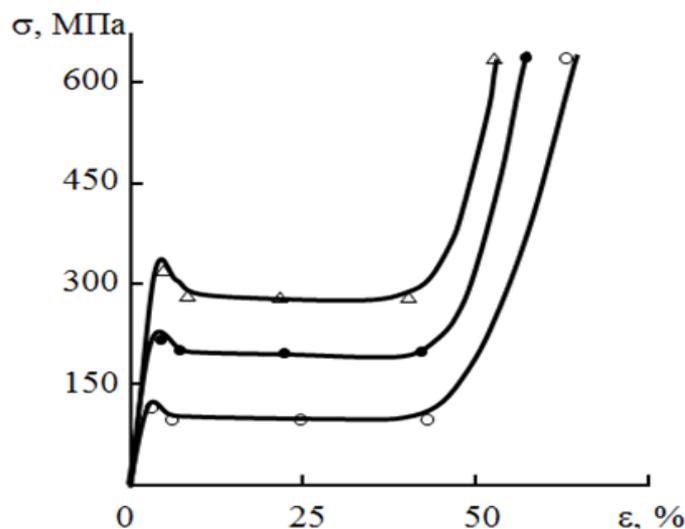
Material Characteristics	PLA	ABC	PET	Nylon	Polycarbonate
strength	high	high	high	high	very high
elasticity	low	medium	medium	high	medium
durability	medium	high	high	high	very high
application complexity	low	medium	low	medium	medium
printing temperature	180-230 °C	210-250 °C	220-250 °C	240-250 °C	270-310 °C
table temperature	20-60 °C	80-110 °C	50-75 °C	70-100 °C	90-110 °C
shrinkage or buckling	minimal	significant	minimal	significant	significant

It is also possible to increase the strength of a composite part by changing the percentage and type of filling [3,4]. They affect the mass and cost of a 3D printed model. A 50% infill product is typically 25% stronger than a 25% infill model, while increasing the model infill from 50% to 75% increases the strength of the product by about 10%. In turn, 100% filling of the model increases the bending strength by about 6 times, compared with a model with 20% filling. In [3], the results of compression tests of plastic samples made using 3D printing from PLA plastic were previously obtained, which are assembled in Table 2. Based on these values, a graph of the dependence of stresses on the relative compression of the sample, shown in Figure 1, was built.

Table 2

**The results of the compression test of specimens**

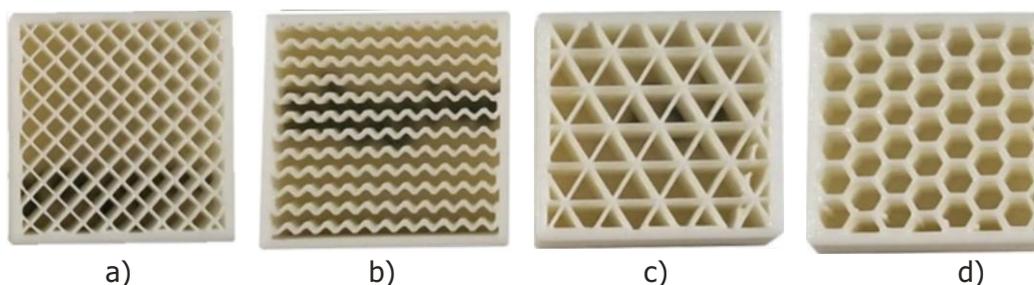
Degree of filling of samples	Point position									
	point 1		point 2		point 3		point 4		point 5	
	$\sigma$ , MPa	$\epsilon$ , %								
40%	130.3	3.6	121.7	7.1	118.2	24.6	119.9	42.1	624.5	64.6
70%	190.6	3.4	182.9	6.8	180.1	21.8	181.5	36.8	624.5	57.5
100%	319.3	5.3	257.3	8.6	254.0	21.5	256.9	34.3	624.5	53.6



1– Dependence of stresses on the relative compression of the sample  
( $\Delta$  – 100% filling,  $\bullet$  – 70% filling,  $\circ$  – 40% filling)

3D printing time also depends on the type of infill. There are many options for filling, but the following types are considered the main ones: rectangular, triangular, wavy and hexagonal filling with "honeycombs" (Figure 2) [5].

Rectangular infill (Figure 2-a) is the most popular and is usually set by default in 3D printing software. Wavy filling (Figure 2 - b) is suitable for parts that will need to rotate or turn. Besides, this type will add some flexibility, thus providing the least rigidity. Triangular filling (Figure 2 - c) gives increased strength, withstands heavy loads. It is perfect when strong walls or long thin parts are needed. Hexagonal filling with "honeycombs" (Figure 2 - d) is the best result in terms of strength and consumable material. This form is the most rational to fill out and the fastest to print, suitable for most models. This type will save material, time, energy and provide high strength [5].



Picture 2 - 3D printing infill options  
(a - rectangular filling; b - wavy filling; c - triangular filling;  
d - hexagonal filling with "honeycombs")

With an increase in the filling density, the cell size of the internal structure decreases, which leads to an increase in the number of stress concentrators per unit volume and, accordingly, to an increase in the probable number of defects that fall into the concentration regions in proportion to the square of the number of cells per unit length. With a further (over 50%) increase in the filling density, the proportion of fiber mating surfaces in the total fiber surface area, to which the normal load is

transferred, becomes more than 50%, and the strength of the structure begins to be determined by fiber adhesion [4].

The temperature of the table plays an important role in the strength of products made on a 3D printer. Different printer models differ in the maximum heating temperature of the table on which printing is being done. Printers without a heated bed can only print PLA plastic. It is possible to print with other materials, but the result will be unsatisfactory.

The problems are associated with shrinkage (reduction in size) of the plastic product after cooling. If the plastic shrinks (these are almost all plastics, except PLA), then the edges of the product begin to tear off the table on which the print is being made, the geometry of the product is irreparably damaged or it completely peels off from the table, risking damage to the print head, which continues to move.

In the field of 3D technologies, in addition to the temperature of the table and the characteristics of the material during printing, the strength of the product is also affected by the height of the layer. There are several basic layer heights for FDM printing 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 and 0.25mm. In the case of photopolymer printing, the layer height can be as high as 16 microns. Each layer height has its own pros and cons. One of the main disadvantages is the printing time, because the smaller the layer, the more time is spent on making the model. The important factor is the quality of the outer surface of the finished model. The larger the layer, the better these layers are visible, respectively, the surface is more rough. Also, the detailing of the finished product depends on the height of the layer, for spherical surfaces and small elements of the model; a small layer is the most suitable option [6].

The speed of movement of the extruder nozzle in combination with the thickness of the laid layer also affect the adhesion strength of the threads. This is due to the spread of heat from the nozzle into the material. At high print speeds, less heat is transferred to the plastic at any given point in time than at low speeds. If you print a small layer at a low speed, too much heat may be given off. This will increase adhesion, but there will be a possibility of defects in the form of plastic sagging. And vice versa: if 3D printing is performed with a larger layer thickness at high speed, the heat may not be enough to form good adhesion between the threads [7].

The important factor is the position of the product during printing. For a model material obtained by FDM printing using ABS plastic, when laying threads along the direction of load application, no dependence of tensile strength on 3D printing modes was revealed. The strength in all printing modes was 31-33.5 MPa, which is approximately 31% lower than the strength of monofilaments declared by the manufacturer. In this case, the strength of the model material with a transverse laying of threads is 41–67% of the strength obtained during testing along the laying of fibers [7].

It is also worth noting that samples with longitudinal and transverse laying of threads have a different nature and type of fracture surface. When they are laid transversely, an absolutely flat fracture surface is observed along the junction of the deposited filaments, and, therefore, the amount of adhesion between them is the most important factor affecting the strength value. During longitudinal laying, the fracture of the material has a developed character, both with areas of damage accumulation and with zones of main crack propagation. In further studies, it is advisable to consider a material with a longitudinal laying of threads as a bundle of bound fibers, which can make it possible to reveal the mechanisms of destruction of such a material.

Sometimes during printing, the nozzles can slightly touch the part, thus shifting the layers. Subsequently, such a detail becomes even more mobile and less functional. In order to avoid this situation, the 3D printer must make a smooth transition from

one layer to another. It is achieved through the manufacture of supports for printing. This adds an auxiliary material used in 3D printing to build complex objects and increase the quality and stability of construction. Without the use of support, 3D printing of models with cavities, overhanging structures, complex detailing, thin walls or ceilings, and other complex elements is impossible [8].

In addition, when designing a technological part, it is necessary to provide for the so-called "skirt" with a width of about 5 mm and a height of 0.5 mm (the height of the first layer). After the production of the part, the "skirt" is removed mechanically without any difficulties [8].

Thus, it can be said that in some cases the strength of a product made on a 3D printer may depend not only on human factors. Nevertheless, the task of designers is to avoid the occurrence of all kinds of technological defects, which in the future may affect the durability of the finished part. The above recommendations can be used as the basis for the concept of technological control of the strength of products obtained by 3D printing.

### REFERENCES

1. Engineering calculations of the strength of parts made on a 3D printer // [Official website of Tsifra JSC] / URL: <https://multiphysics.ru/stati/blog/inzhenernye-raschety-prochnosti-detalei-izgotovlennykh-na-3d-printere.htm> - (date of access: 11.11.2022).

2. Plastics for 3D printing, everything you need to know about materials // [Official site 3DIY] / URL: <https://3d-diy.ru/wiki/3d-printery/raznovidnosti-plastikov-3d-pechati/>. – (accessed 11/13/2022).

3. Sokolova V.M. On the role of the influence of the degree of filling of products made with the help of 3d printing on their mechanical properties / Sokolova V. M., Kuznetsov A. E. // In the collection of articles. Materials of the XIII All-Russian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists with international participation (May 20-22, 2020, Biysk) / Alt. state tech. university 2020. - pp. 23-26

4. Petrov V. M., Bezpachuk S. N., Yakovlev S. P. On the effect of structure on the strength of plastic products obtained by 3D printing // Bulletin of the Admiral State University of Marine and River Fleet S. O. Makarova. - 2017. - T. 9. - No. 4. - pp. 765-776.

5. How to choose the type of filling for 3D printing // [Ink-Market official website] / URL: <https://www.ink-market.ru/blogs/blog/kak-vybrat-tip-zapolneniya-dlya-3d-printing>. - (accessed 11/15/2022).

6. How layer height and 3D printing quality are related // [Official website of Studia3D] / URL: <https://studia3d.com/blog/19-visotasloya/>. – (date of access: 11/16/2022).

7. Kamonichkina N.V. Study of the strength characteristics of a model material obtained by FDM printing using ABS plastic // [Official website of Studia3D] / URL: [https://studia3d.com/kamonichkin/strength\\_of\\_3dprint\\_products/](https://studia3d.com/kamonichkin/strength_of_3dprint_products/). – (accessed 11/18/2022).

8. Decrees Ya.G. Problems of 3D printing // [Ukazov official website] / URL: <https://ukazov-ru.turbopages.org/ukazov.ru/s/blog/problemy-3d-pechati/> – (accessed 11/19/2022).

---

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ**

**Соколова В. М., Степыкин А. В., Тарлаковская Е. А.**

В настоящее время 3D-печать все чаще применяется в различных отраслях промышленности. Это связано с простотой, снижением сроков и стоимости изготовления сложных деталей. Однако возникает вопрос надежности этих изделий и сроков их эксплуатации. Прочность изделий во многом связана с толщиной конструктивных элементов и свойствами материалов, из которых они изготавливаются.

3D-печать является сложным технологическим процессом, в который может вмешиваться множество различных факторов. Для этого были рассмотрены материалы, наиболее часто используемые для аддитивного метода, 3D-принтеры и способы заполнения изделий. Важными моментами являются и такие особенности, как степень наполнения изделия и условия, в которых производится изготовление конструктивных элементов. Направление слоев также может сыграть ключевую роль в прочностных характеристиках изделий. Поэтому современному инженеру-конструктору необходимо комплексно подходить к процессу изготовления деталей и избегать возникновения различного рода дефектов.

**Ключевые слова:** 3D-печать, 3D-принтер, аддитивные технологии, прочностные характеристики, конструкционные материалы, степень наполнения, усадка, температура.

УДК 62

## ПРИМЕНЕНИЕ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АПК

**Шатров Александр Федорович**

*Профессор, Московского политехнического университета*

Современное состояние систем электроснабжения характеризуется процессом широкого внедрения накопителей электроэнергии. В статье описаны накопители электроэнергии различных типов. Рассматривается вариант использования накопителей энергии построенных на основе суперконденсаторах (ионисторах). Предлагаемое решение позволит повысить эффективность системы электроснабжения объектов сельскохозяйственного назначения.

**Ключевые слова:** накопители электрической энергии, электрохимические накопители, накопители энергии на суперконденсаторах, кратковременные нарушения нормального электроснабжения, провалы и выбросы напряжения, заряд/разряд, объекты АПК, параметры суперконденсаторов.

Потери электроэнергии в системах электроснабжения объектов агропромышленного комплекса (АПК) могут составлять 15 - 30 % от передаваемой мощности. Таким образом уменьшение доли потерь является одной из первоочередных задач модернизации и реконструкции электросетевого комплекса АПК (Табл.1).

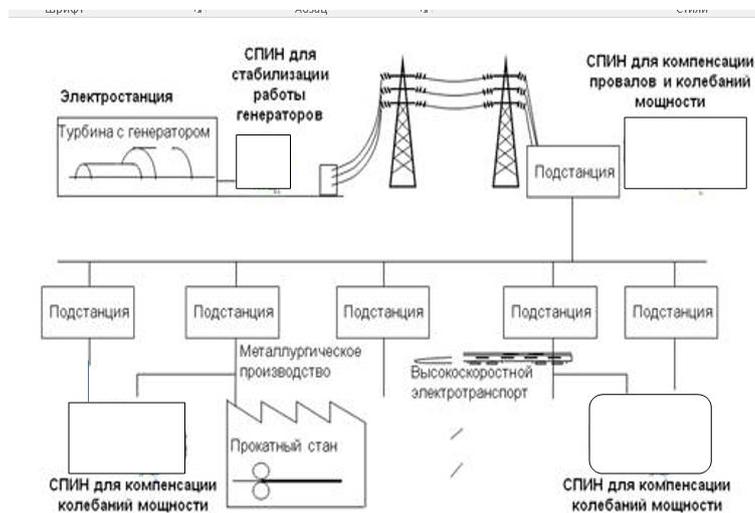
Таблица 1

**Структура потерь электроэнергии  
в сетях сельскохозяйственного назначения**

Наименование элемента электрической сети	Доля потерь электроэнергии в рассматриваемом элементе в % от общего количества
Линии электропередачи напряжением 0,4 кВ	34
Трансформаторные подстанции 10/0,4 кВ	26
Линии электропередачи напряжением 6-10 кВ	25
ПС 35-110кВ сельскохозяйственного назначения	6
ВЛ 35-110 кВ, питающие ПС сельскохозяйственного назначения	9
Итого:	100

Одним из направлений уменьшения потерь служит использование накопителей электроэнергии (НЭ). Применение накопителей электрической энергии в электроэнергетических системах (ЭЭС) открывает новые возможности

повышения качества управления режимами и улучшения экономических показателей функционирования. На Рис.1 в качестве примера изображена принципиальная схема мест установки НЭ выполненных на сверхпроводниковых индуктивных накопителей электроэнергии (СПИН). Отечественными компаниями так же ведутся работы по применению НЭ в составе гибридных электрических систем.



*Рисунок 1- Места установки сверхпроводниковых индуктивные накопители электроэнергии (СПИН)*

Оборот мирового рынка накопителей в 2019 г. вплотную приблизился к \$100 млрд, доля электрохимических систем в нем – 89%. На промышленные системы накопления энергии, используемые в энергетике, приходится \$17 млрд, из них более 60% – это капитальные затраты на гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) и тепловые аккумуляторы. По предварительным оценкам, максимальный объем российского сегмента рынка СНЭ к 2025 году может составить 8,6 млрд долл. США в год (реалистичная оценка рынка –1,5-3 млрд долл. США в год), что даст экономике страны эффект (за вычетом инвестиций) в 11 млрд долл. США в год (для реалистичного объема рынка – 2,5-5 млрд долл. США в год).

К основным сферам применения накопителей относят:

- выравнивание графиков нагрузки в сети (накопление электрической энергии в периоды наличия избыточной (дешевой) энергии и выдачу в сеть в периоды дефицита);
- обеспечение в сочетании с устройствами FACTS повышения пределов устойчивости;
- обеспечение бесперебойного питания особо важных объектов, собственных нужд электростанций и подстанций;
- демпфирование колебаний мощности, стабилизация работы малоинерционных децентрализованных источников электрической энергии;
- обеспечение интеграции возобновляемых источников электроэнергии в систему и в итоге повышение надежности и эффективности электроснабжения.

Принципиальная схема использования накопителей энергии для бесперебойного электроснабжения потребителей приведена на Рис.2.

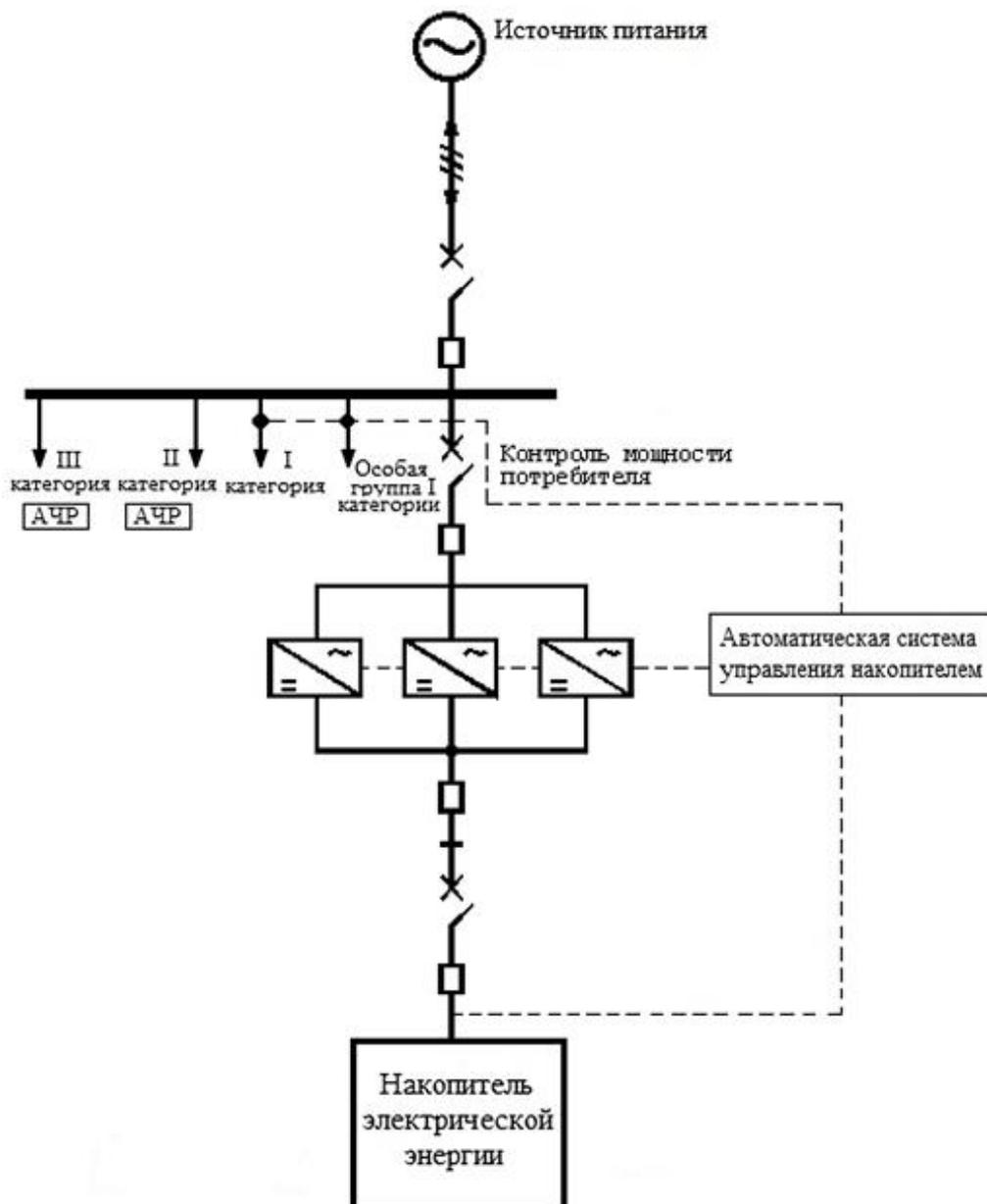


Рисунок 2- Принципиальная схема подключения НЭ

Для каждого конкретного случая мощность накопителя определяется как разность между номинальной мощностью источников генерации и мощностью, необходимой потребителям во время отключения основного источника энергии. Когда мощности НЭ будет достаточно, то накопитель может обеспечить питанием всех потребителей. Если мощности будет недостаточно, АЧР может отключить III категорию потребителей, при необходимости II категорию, в этом случае НЭ гарантировано будет обеспечивать питание потребителей I категории.

Объекты АПК можно отнести к автономным системам предприятий, удаленных объектов социального и промышленного назначения, которые имеют собственную генерацию. Использование НЭ может заметно до 30% уменьшить объемы углеводородов, закупаемые для этих электростанций. В России уже реализуется ряд таких проектов в автономных энергосистемах. Результаты проектов доказывает высокую экономическую и техническую эффективность применения НЭ.

Сегодня НЭ характеризуется рядом основных физических параметров: номинальная энергоёмкость, номинальная мощность, предельное количество полных циклов заряд/разряд, характеристика зависимости предельного числа циклов заряд/разряд от их глубины, КПД, постоянная саморазряда, удельная энергоёмкость ( $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{кг}$ ,  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$ ).

Если рассматривать НЭ как устройства для управления режимами и электромеханическими переходными процессами в энергосистемах следует выделить три основных параметра накопителей: номинальная мощность, номинальная энергоёмкость и время отклика.

Под номинальной мощностью традиционно понимается то значение мощности, при которой НЭ может работать неограниченно длительное время.

Номинальная энергоёмкость определяется с учетом расчётной «обменной энергоёмкости» и заданном ресурсе - количество циклов. На основе рассчитанной обменной энергоёмкости выполняется поиск оптимальных параметров НЭ и режимов ее работы.

Время отклика у современных быстродействующих НЭ - электрохимических, электромеханических, сверхпроводниковых индуктивных, и в т.ч. ёмкостных - не превышает 5 - 10 мс.

Для повышения эффективности сетей АПК можно рекомендовать использование накопителя энергии в составе автономной электростанции. В этом случае происходит замена силового агрегата, выбранного по традиционной методике, на другой агрегат с мощностью близкой к среднему значению мощности нагрузочной диаграммы, т.е. на агрегат меньшей мощности. Регулирование переменной части нагрузочной диаграммы должно выполняться с помощью НЭ. Агрегат в этом случае работает с постоянной мощностью, равной средней мощности нагрузки за рабочий цикл.

При этом достигается: минимальный удельный расход топлива; минимальная стоимость агрегата; минимальные издержки на обслуживание агрегата; увеличение ресурса приводного двигателя; снижение потерь в генераторе от переходных процессов, обусловленных резко переменной нагрузкой.

В зависимости от мощности и решаемых электростанцией задач в качестве НЭ можно рассматривать установку либо теплового накопителя, либо иного накопителя обладающих сроком хранения запасенной энергии до 10 час. Такими накопителями могут быть мобильные высокоманевренные ГТЭС, ДГУ, а также натрий-серные, литий-ионные, другие типы аккумуляторов. График электрических нагрузок с учетом влияния НЭ показан на Рис.3.

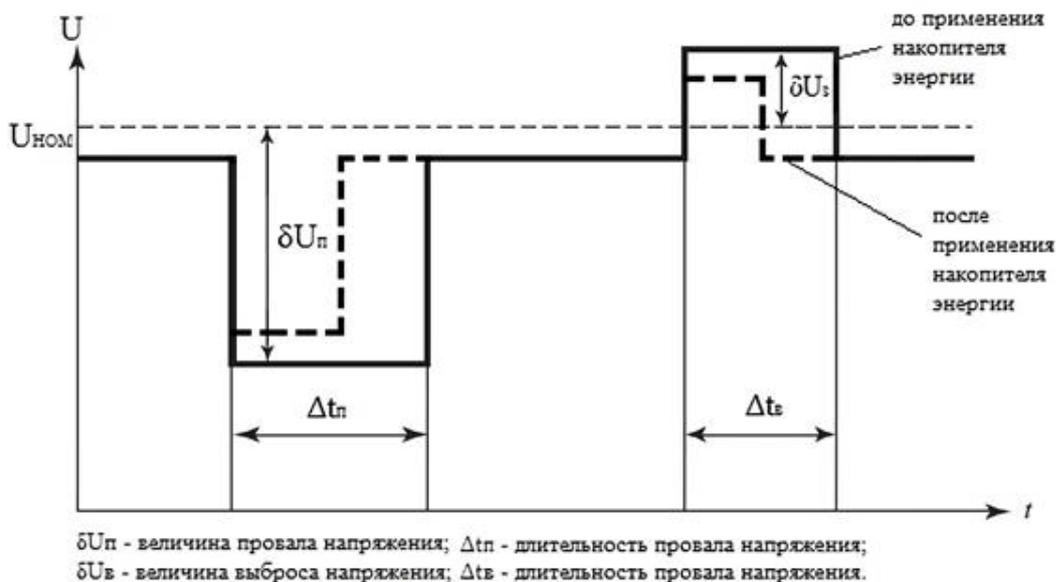


Рисунок 3 – График электрических нагрузок

Особенностью электрических сетей АПК помимо больших потерь являются частые до 10% «провалы и выбросы напряжения», что вызвано соизмеримостью мощностей генерации и потребителя. Провал напряжения – это временное уменьшение напряжения в конкретной точке электрической системы ниже установленного порогового значения (например пуск электродвигателя, КЗ). Выброс напряжения – динамическое кратковременное (не менее 0,01 с) отклонение напряжения с последующим возвращением к исходному значению (например процессы коммутации). Подключение НЭ к автономным электростанциям может устранить этот недостаток. В таком случае можно рассматривать применение НЭ на основе суперконденсаторов (Рис.4).

Суперконденсаторы (ионисторы) относятся к накопителям короткого времени, они компактны, просты и имеют намного больший срок службы, чем у обычных конденсаторов. К основным преимуществам суперконденсаторов относятся:

- очень высокая плотность ёмкости;
- большой срок эксплуатации (до 300000 циклов);
- высокий КПД (95% и выше);
- высокая удельная энергия и удельная мощность;
- бесперебойная эксплуатация;
- высокая скорость заряда и разряда
- низкая токсичность материалов.

К недостаткам суперконденсаторов следует отнести дороговизну этих устройств, а также сопутствующего оборудования. Кроме этого, по плотности хранения энергии суперконденсаторы пока уступают Li-Ion аккумуляторам, что обуславливает большие размеры накопителя. В конечном счете все окупается сроком службы суперконденсаторов - 20 лет, практически неограниченным числом циклов заряда/разряда и простотой эксплуатации.

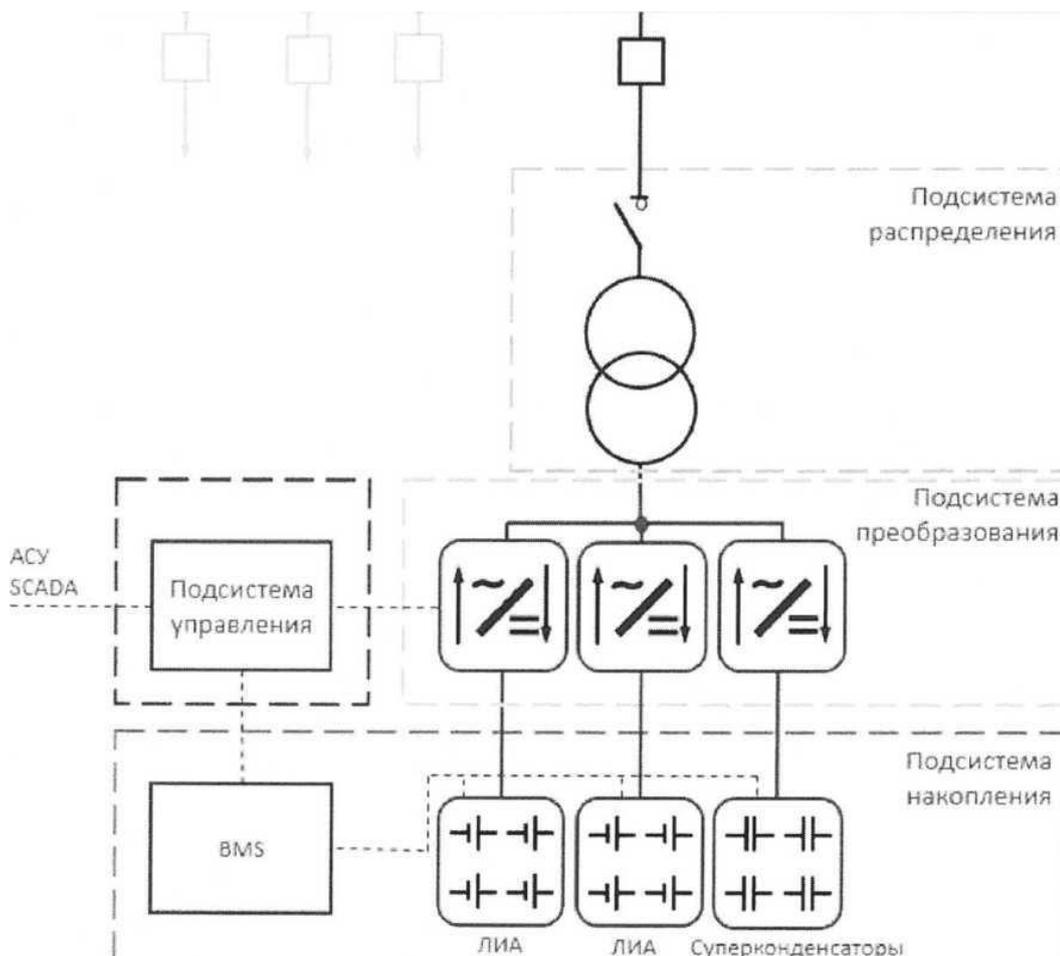


Рисунок 4 - Принципиальная схема НЭ на суперконденсаторах

Достаточно простой способ определения необходимой емкости суперконденсатора заключается в том, чтобы по известным формулам рассчитать количество энергии  $\Delta P$ , необходимое для обеспечения НЭ достаточной мощностью в периоды максимального потребления, и приравнять его к выражению

$$\Delta P = \frac{1}{2} C (U_{\text{нач}}^2 - U_{\text{кон}}^2) \quad (1)$$

Где:

$C$  – емкость суперконденсатора (ионистора), Ф.

$U_{\text{нач}}$  – напряжение на суперконденсатора непосредственно перед началом периода пикового потребления, В.

$U_{\text{кон}}$  – напряжение на суперконденсатора в конце этого периода, В.

Однако последнее выражение не учитывает потерь  $\Delta U$ , обусловленных наличием паразитного внутреннего сопротивления суперконденсатора – ESR (equivalent series resistance), снижающего напряжение на нагрузке:

$$\Delta U = U_{\text{нач}} - (ESR) * I_{\text{н}} \quad (2)$$

Где:  $I_{\text{н}}$  – ток нагрузки, А.

Время разряда накопителя ( $t_{нэ}$ ) выбирается на порядок меньше времени процессов «провала и выброса» напряжения ( $\Delta t_{\Sigma}$ )  $t_{нэ} \ll \Delta t_{\Sigma}$

$$\Delta t_{\Sigma} = (3-5) * T_{зар.} \quad (3)$$

$$T_{зар.} = R * C \quad (4)$$

$T_{зар.}$  – период времени, необходимый для накопления заряда, зависящий от параметров элемента, сек;

$R$  – величина омического сопротивления конденсатора, Ом;

$C$  – емкость конденсатора, Ф.

Использование суперконденсаторных систем накопления энергии для обеспечения компенсации «провалов и выбросов» напряжения позволяет экономить заметные материальные ресурсы. Так, например, среднее предприятие АПК в ходе эксплуатации может иметь около 20 провалов напряжения в сутки глубиной в 10 % от номинала и длительностью 0,1 сек. Последствия одного такого провала оцениваются в среднем от тысяч до сотен тысяч рублей и более. Таким образом, годовая экономия от использования НЭ на базе суперконденсаторов нарастающим итогом может составить миллионы рублей. Предварительные оценки говорят о сроках окупаемости проекта 5-7 лет в зависимости от вида задач, решаемых НЭ.

По оценкам экспертов в ближайшие 10 лет рынок накопителей энергии будет расти со среднегодовыми темпами, превышающими 30% с тенденцией к снижению удельной стоимости запасенной энергии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В.Ф. Алемасов и др. Эффективность применения накопителей энергии в автономных энергосистемах с резкопеременной нагрузкой. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2007, №2 с.113-120
2. Воропай Н. И. Интеллектуальные электроэнергетические системы: концепция, состояние, перспективы. Автоматизация и ИТ в энергетике. — 2011. № 7, с. 11–16.
3. В.М. Зырянов. Экспериментальные исследования и испытания совместной работы систем накопления энергии и ДГУ в составе автономной энергосистемы. Промышленная энергетика 2018, №10, с.2-10.
3. Electricity Energy Storage Technology Options. A White Paper Primer on Applications, Costs and Benefits // EPRI, Palo Alto, CA: December 2010.
4. P. Mars. Подключение ионисторов к устройствам сбора энергии. CAP-XX Ltd, Австралия. 05-02-2014. Журнал «РАДИОЛОЦМАН». 2012
5. Электронный ресурс. The Strategic Energy Technology Plan. European Commission, 2017 <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/technology-and-innovation/strategic-energy-technology-plan>
6. Куликов А. Л. Проблемы и особенности распределённой электроэнергетики / Куликов А. Л., Осокин В.Л., Папков Б.В.// Вестник НГИЭИ - 2018. - № 11. - с. 123-136.
7. Савина Н. В. Выявление и анализ причин, препятствующих внедрению мощных накопителей электроэнергии в энергосистеме России / Савина Н.В., Лисогурская Л.Н., Лисогурский И.А. // Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов: материалы IX

междунар. науч.-практ. конф. 19 марта 2019 г., г. Благовещенск / ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет». – Благовещенск, 2019. – с. 152 – 156.

8. В.Бушев и др. Инфраструктурные накопители в энергетике. Энергетическая политика, 20.10.2020. energypolice.ru

9. Соколов М. А. Сравнительный анализ систем запасаения энергии и определение оптимальных областей применения современных супермаховиков / Соколов М.А., Томасов В.С., Jastrzębski R.P. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики - 2014. - № 4. - с. 149-155.

10. Смотров Н.Н. Сглаживание провалов и выбросов напряжения в системах оперативного тока электрических станций и подстанций с помощью ионисторов : дис. канд. техн. наук : защищена 2019 / Смотров Николай Николаевич – М., 2019. – 125 с.

11. Латипов, С. Т. Накопители электроэнергии как средство предотвращения нарушений электроснабжения. Молодой ученый. URL, 2017, № 16 (150).

12. Справочник по проектированию электрических сетей / Под редакцией Д. Л. Файбисовича. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС 2006 -320 с. ил. ISBN 5-93196-542-4

13. И.М. Кирпичникова, Е.В.Соломин. Расчет параметров накопителей энергии для автономных К434 энергокомплексов: методические указания. :- Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017.

14. Рынок систем накопления электроэнергии в России. Потенциал развития. Экспертно-аналитический доклад. Под ред. Ю.Удальцова и Д. Холкина. -М.: РОСНАНО, 2018.

---

## THE USE OF ELECTRIC ENERGY STORAGE DEVICES IN THE POWER SUPPLY SYSTEMS OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

**Shatrov A.F.**

The current state of power supply systems is characterized by the process of widespread introduction of electric power storage devices. The article describes various types of electric power storage devices. A variant of using energy storage devices based on supercapacitors (ionistors) is considered. The proposed solution will improve the efficiency of the power supply system for agricultural facilities.

**Keywords:** electric energy storage, electrochemical storage, energy storage on supercapacitors, short-term disturbances of normal power supply, voltage failures and emissions, charge/discharge.



# ***ТРАНСПОРТ***

УДК 656

## **РЕЛЬСОВЫЙ ТРАНСПОРТ КАК МЕТОД ОБЪЕДИНЕНИЯ АГЛОМЕРАЦИИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

**Ульянов Артём Михайлович**

*Студент, Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I*

**Новикова Виктория Ивановна**

*Студент, Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I*

**Егорова Наталья Юрьевна**

*Кандидат технических наук, доцент,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I*

*В статье анализируется проблема загруженности ближайших к агломерациям транспортных узлов. Причиной этой проблемы как правило является медленное развитие транспортной системы при быстром росте населения в городах-спутниках. Исследован зарубежный опыт обеспечения транспортной доступности агломераций. Предложено решение рассматриваемой проблемы с помощью рельсового транспорта (на примере Санкт-Петербурга, продление Московско-Петроградской линии метро до г. Пушкин). Полученные результаты могут использоваться для совершенствования планирования развития транспортных систем агломераций.*

**Ключевые слова:** *транспортная доступность, агломерация, население, рельсовый транспорт, метрополитен, трамвайная линия, город-спутник, жилые комплексы.*

Санкт-Петербург входит в 100 крупнейших городов мира, объединенных в несколько агломераций. Он занимает 88 место в данном рейтинге. Однако, в данный момент существует серьезная проблема необходимости улучшения транспортной доступности таких агломераций. С каждым годом их территория расширяется, за счет появления новых жилых комплексов, а транспортная доступность рельсовым транспортом остается на прежнем уровне.

Для сравнения: на 87 месте в рейтинге самых больших городов мира вместе с агломерациями находится город Атланта (США). Его население составляет 498700 чел., протяженность метро составляет 76,6 км и имеет 38 станций (т.е. на 1 человека приходится около 0,00008 станции), а площадь города равняется 353 км<sup>2</sup>. В Милане (Италия), который занимает 86 строчку данного рейтинга, проживает 1366100 чел., протяженность метро составляет 96,8 км и имеет 113 станций (т.е. на 1 человека приходится 0,00008 станции), а площадь города равняется 181,8 км<sup>2</sup>. В Санкт-Петербурге население составляет 5600000 чел., протяженность метро составляет 124,8 км и имеет 72 станции (т.е. на человека приходится 0,00001 станции), а площадь города равняется 1439 км<sup>2</sup>.

Несмотря на то, что Санкт-Петербург из перечисленных городов самый большой по численности населения, показатели в нем даже хуже, чем в городах, где население меньше. В основном эта проблема появляется благодаря стремительному росту районов на окраинах города.

К примеру, в Германии большинство агломераций протягивается длинной цепью городов вдоль Рейна, а также его притоков. Ниже по течению этой реки расположена самая большая Рейнско-Рурская агломерация, которая состоит из двух основных частей – Рурской, которая протягивается от Дуйсбурга до Дортмунда через Эссен и Бохум, и Прирейнской, которая включает в себя, в первую очередь Дюссельдорф, Кёльн и Бонн. Население данной агломерации, составляет 10–11 млн. чел. Выше по течению Рейна, у места впадения в него р. Майн, расположена Рейнско-Майнская агломерация, центром которой является Франкфурт-на-Майне. Еще выше по течению, где Рейн впадает в р. Неккар, находится Рейнско-Неккарская агломерация со следующими городами: Мангейм и Людвигсхафен. В конце, к течению Неккара привязана еще одна агломерация, которая включает в себя Штутгарт и множество примыкающих к нему более мелких городов. Уже за границами так называемой рейнской цепочки расположены остальные крупные агломерации Германии: на востоке страны – Берлинская. на юге страны – Мюнхенская и Нюрнбергская, на севере – Гамбургская и Ганноверская [1].

Во Франции можно отметить безусловно Парижскую (11,3 млн. чел.), Лионскую (1,7 млн. чел.) и Марсельскую (1,5 млн. чел.) агломерации.

В Италии к крупным агломерациям можно отнести Миланскую (4,1 млн. чел.), Неаполитанскую (3,6 млн. чел.), Римскую (3,5 млн. чел.) и Туринскую (1,6 млн. чел.).

В Нидерландах зачастую выделяют две агломерации – Амстердам и Роттердам. Нередко упоминается и о единой для для Нидерландов агломерации Рандстад Холланд с населением 6 млн. чел.

В Польше три агломерации – Верхнесилезская, или Катовицкая, с населением 4 млн. чел., Варшавская (2,2 млн. чел.) и Лодзинская (1,1 млн. чел.).

В Испании имеются две агломерации со следующим населением: Мадридская (5,1 млн. чел.) и Барселонская (3,9 млн. чел.).

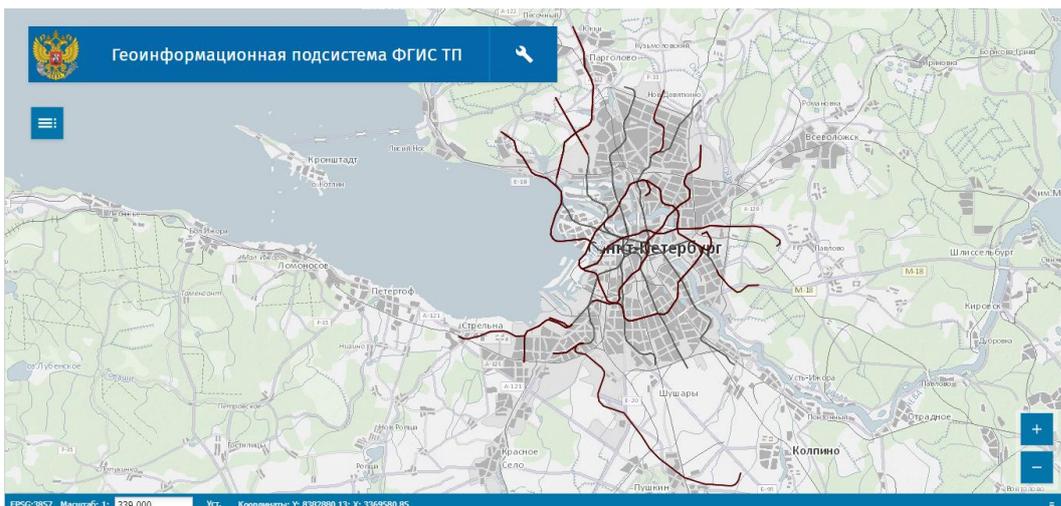
В Великобритании главной агломерацией является Лондонская, население которой составляет в пределах от 7,6 до 12 млн. чел., т.к. эксперты по-разному отмечают границы агломераций. После идут Большой Манчестер и Большой Бирмингем с населением соответственно 2,6 и 3,2 млн. чел., а также Лидс (Западный Йоркшир) с населением 1,5 млн. чел.

Остальные агломерации-миллионеры находятся Болгарии (София – 1,2 млн. чел.), Венгрии (Будапешт – 2,6 млн. чел.), Греции (Афины – 3,1 млн. чел.), Португалии (Лиссабон – 2,6 млн. чел.), Румынии (Бухарест – 2,2 млн. чел.), Чехии (Прага – 1,4 млн. чел.), Швеции (Стокгольм – 1,6 млн. чел.), Сербии (Белград – 1,7 млн. чел.), Австрии (Вена – 2,1 млн. чел.), Бельгии (Брюссель – 1,7 млн. чел.), Дании (Копенгаген – 1,7 млн. чел.).

Когда агломерации в 1970 – 1980-х гг. начали активно расти, за рубежом (в частности, в Европе) стали проводить реформы в отношении таких областей. Эксперты, проводившие такие реформы должны были учитывать экономические, правовые и административные факторы. Важной составляющей реформ стал вопрос эффективности управления этими городскими агломерациями [2].

Безусловно, обеспеченность городским общественным транспортом в таких районах в Санкт-Петербурге существенно улучшилась после проведенной летом 2022 года реформы, но этого не хватает, чтобы разгрузить весь транспорт





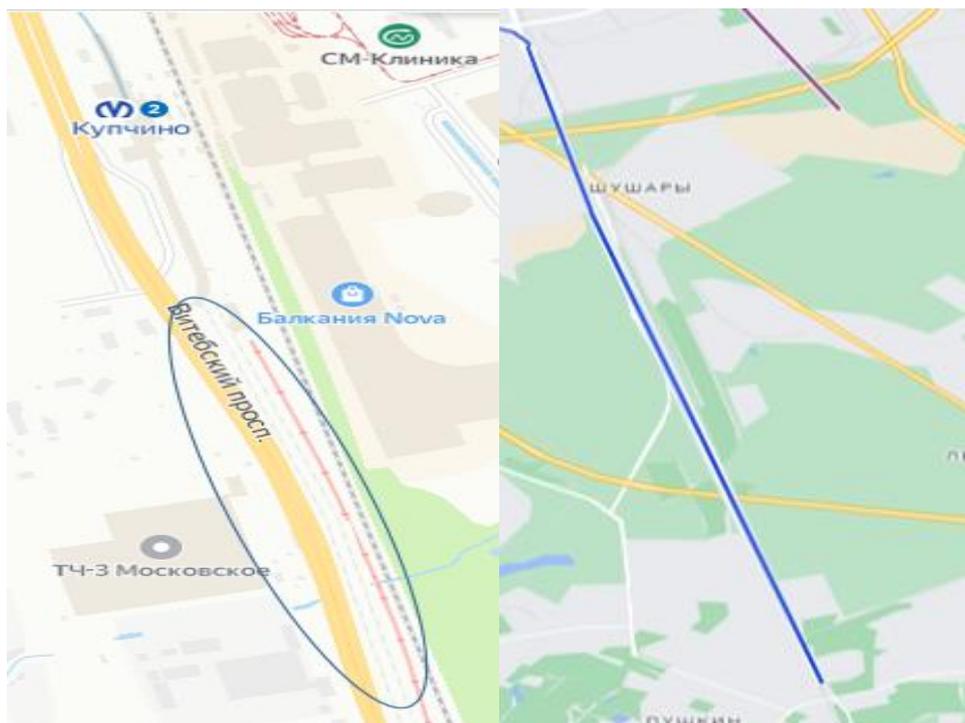
*Рисунок 2 - Развитие сети метрополитена в Санкт-Петербурге согласно генплану 2022 г.*

На трамвайную линию из Купчино в Славянку Правительство Санкт-Петербурга выделено 23 млрд. рублей. Однако, по нашему мнению, целесообразнее будет реализовать проект продления метрополитена до Пушкина от Купчино (наземный участок), т.е. Московско-Петроградская линия будет соединять Парнас и Царское село (рис. 3). После станции Купчино линия имеет наземный участок, проходящий до ТЧ-Московское, а также имеет соединительную ветвь с железнодорожными путями Витебского направления. Данный проект предполагает строительство дополнительных путей вдоль железнодорожной ветви до Царского Села, а также строительство новых павильонов, рядом с действующими станциями (Шушары, Паровозный музей, Детскосельская и Царское село).

Также стоит отметить, что, по нашему мнению, от части проекта трамвая до Славянки следует отказаться (рис. 1). В таком случае более целесообразным будет пуск трамвая с остановки возле станции Детскосельская, где будет располагаться выход как со станции метро, так и с железнодорожной станции. Обеспечить доступность нового планируемого кампуса СПбГУ в Пушкине также поможет станция метро Царское село.

Преимуществом данного проекта является также и экономия средств на постройку 1 линии метро, которая, согласно генплану 2022 года, будет проходить мимо Пушкина в сторону города-спутника Колпино. Т.е. проект проведения 1 линии метро в Пушкин можно отменить.

Целесообразность данного проекта заключается и в том, что такой проект будет выходить гораздо дешевле, чем запуск трамвая. На строительство ТПУ (транспортно-пересадочного узла) в Купчино будет потрачено около 6 млрд. руб. (исходя из опыта строительства ТПУ в Москве). На строительство дополнительных путей для продления линии метро потребуется еще 2 млрд. рублей. Для строительства всей инфраструктуры на станциях (переходы на железнодорожные станции, турникеты, кассовые залы, дополнительные платформы для метрополитена) потребуется около 4 млрд. рублей на все станции. На строительство трамвайной линии от Детскосельской до Славянки вместе с депо потребуется около 8 млрд. рублей.



*Рисунок 3 - Проект продления Московско-Петроградской линии метрополитена Санкт-Петербурга до Пушкина*

Подводя итоги, можно отметить, что при реализации такого проекта жителям района Шушары и города-спутника Пушкин обеспечивается транспортная доступность центра города (станций метро Сенная площадь, Невский проспект, Горьковская, Петроградская). Также сокращается время на переходы между различными видами транспорта (с трамвая в метрополитен), в том числе сокращаются финансовые затраты жителей при переходе с одного вида транспорта на другой (в случае с трамвайной линией жители оплачивали бы проезд дважды: 1 раз за трамвай, 1 раз за метро). В данном проекте жители будут оплачивать проезд только в метрополитене.

### ЛИТЕРАТУРА

1 Крупнейшие городские агломерации и мегаполисы зарубежной Европы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <https://scicenter.online/mirovaya-geografiya-scicenter/krupneyshie-gorodskie-aglomeratsii-39329.html> (дата обращения: 25.12.2022).

2 Практика управления агломерационными образованиями за рубежом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <https://cyberleninka.ru/article/n/praktika-upravleniya-aglomeratsionnymi-obrazovaniyami-za-rubezhom> (дата обращения: 25.12.2022).

3 Трамвай «Славянка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <https://slavyankatram.ru> (дата обращения: 25.12.2022).

4 Геоинформационная система ФГИС ТП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <https://mnp.economy.gov.ru/geo/geomnp/viewapp/index.html> (дата обращения: 25.12.2022).

## **RRAIL TRANSPORT AS A METHOD OF CONNECTING THE AGGLOMERATION**

**Ulyanov A.M., Novikova V. I.  
Egorova N. Yu.**

The article analyzes the problem of congestion of transport hubs closest to the agglomerations. The reason for this problem is usually the slow development of the transport system with the rapid growth of population in satellite cities. Foreign experience in ensuring transport accessibility of agglomerations has been studied. A solution to the problem under consideration with the help of rail transport is proposed (using the example of St. Petersburg, the extension of the Moscow-Petrograd metro line to Pushkin). The results obtained can be used to improve planning for the development of transport systems of agglomerations.

**Keywords:** transport accessibility, agglomeration, population, rail transport, subway, tram line, satellite city, residential complexes.



\*\*\*\*\*

Отпечатано в ООО «Девять Линий»  
Юридический адрес: ул. 9я линия, д. 72, г. Ростов-на-Дону,  
Ростовская область, Россия, 344019  
Подписано в печать 15.12.2022г., Тираж 100 экз., цена свободная

---

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

1. Файл с текстом статьи должен иметь расширение \*.doc или \*.docx. Разметка страницы: поля со всех сторон 2 см, ориентация книжная, формат А4. Текст набирается шрифтом Times New Roman, размер (кегель) 14, абзацный отступ 1,25 см, межстрочный интервал полуторный с использованием автоматической расстановки переносов. Страницы должны быть пронумерованы (внизу страницы, выравнивание по центру).

### Структура статьи:

- *индекс УДК в соответствии с классификатором (в левом верхнем углу);*
- *название статьи;*
- *инициалы и фамилии авторов (полностью);*
- *место (-а) работы (учебы) автора (-ов);*
- *аннотация (от 50 до 150 слов) на русском языке;*
- *ключевые слова на русском языке (от 10 до 15 слов);*
- *название статьи на английском языке;*
- *аннотация на английском языке (перевод);*
- *ключевые слова на английском языке (перевод);*
- *текст статьи;*
- *список использованных источников;*
- *сведения об авторах на русском языке (с указанием полного ФИО, названия учебного учреждения, должность, звание, научные степени и т.д.)*

Все статьи проверяются системой АНТИПЛАГИАТ.  
Процент авторского текста должен составлять не менее 75%.

