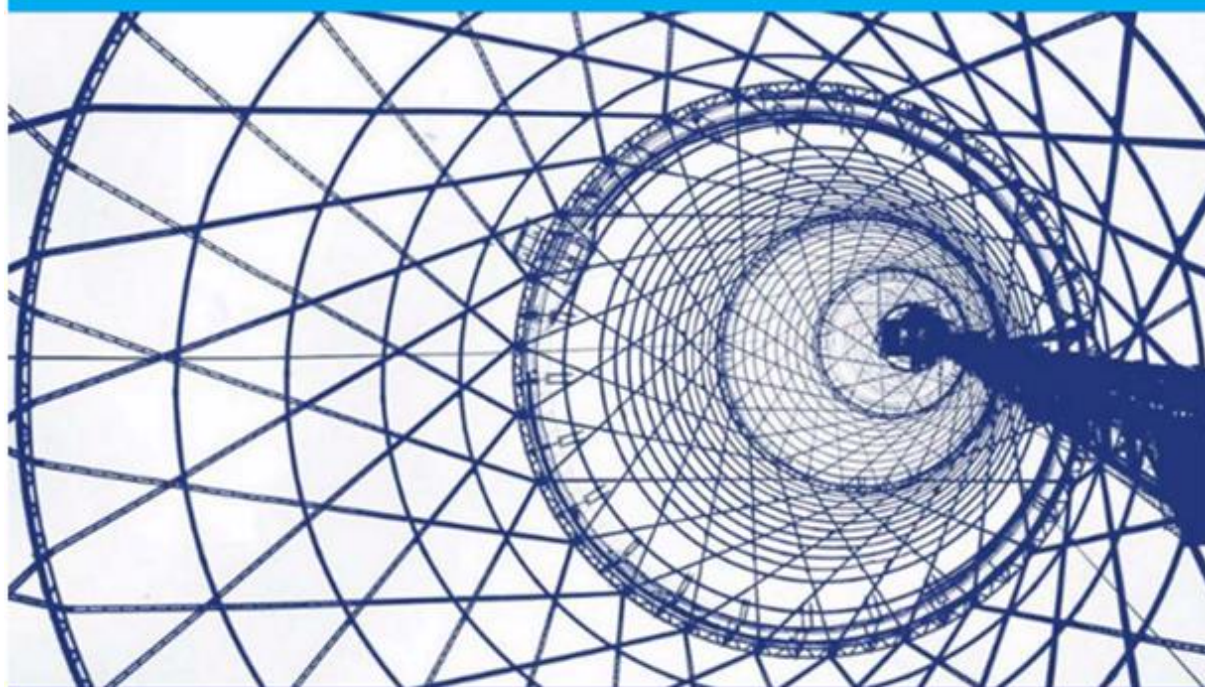


Молодёжный вестник
Новороссийского филиала
Белгородского государственного
технологического университета
им. В. Г. Шухова



Том 6, № 3 / 2026

Новороссийск
2026

Молодёжный вестник Новороссийского филиала
Белгородского государственного технологического
университета им. В. Г. Шухова. Том 6, № 3 (23)
Научный сетевой журнал июль - сентябрь 2026 г.
Издаётся с марта 2021 года
Выходит 4 раза в год
ISSN 2713-0576 (электронная версия)

Главный редактор: доктор технических наук, профессор А. Г. Ульянов

Заместитель главного редактора: кандидат философских наук И. В. Чистяков

Ответственный редактор: кандидат экономических наук Е.В. Агамагомедова

Редакционная коллегия: кандидат философских наук О.А. Брусско, Е.И. Доморощина, доктор технических наук, доцент Г. Ю. Ермоленко, кандидат физико-математических наук Е. В. Колпакова, кандидат исторических наук, доцент Р.А. Лаптев, кандидат педагогических наук, доцент Л. С. Полякова, кандидат исторических наук, доцент И.В. Чегодаев, кандидат технических наук Ю. В. Чербачи, кандидат технических наук Щемелева Ю.Б., доктор философских наук, доцент Л. В. Яблонская

Учредитель: ФГБОУ ВО БГТУ им. В. Г. Шухова

Издатель: Филиал БГТУ им. В. Г. Шухова в г. Новороссийске

Адрес редакции:

353919, Россия, Новороссийск, Мысхакское шоссе, 75

Тел. +78617221333

<https://rio-nb-bstu.science/>

e-mail: editor-molod@nb-bstu.ru

Свидетельство о регистрации: серия Эл № ФС77-81069 от 02 июня 2021 г.

Опубликовано 24.09.2026 г.

© Филиал БГТУ им. В. Г. Шухова в г. Новороссийске, 2026

Содержание:

**НАУКОВЕДЕНИЕ, МЕТОДИКА И ТЕХНИКА
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ**

Нищук И.Ф., Ульянов А.Г.

Оценка экономической целесообразности и анализ эффективности
патрубков холодного впуска на основе CFD-моделирования..... 5

Серейкин С.Ю.

Сравнительный анализ эффективности непрерывного и дискретного
вейвлет-преобразований в задачах радиомониторинга FM-вещания..... 12

**ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ, ПЕДАГОГИКА
ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ**

Полторабатъко Е.Е., Чихарь А.И.

Роль профессиональных сообществ в формировании компетенций и
карьерной социализации молодых специалистов..... 19

ИНФОРМАТИКА

Лопаткина Е.А., Аль-Нами Б.А.

Этические и технические аспекты персонализации и микротаргетинга в
интерфейсах..... 28

ФИЗИКА, МЕХАНИКА, ХИМИЯ

Попов И.П.

Парадоксы энергии электростатического и гравитационного полей..... 34

ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

Григорьян И.Г., Щемелева Ю.Б.

Автоматизация учёта электроэнергии на основе микросервисной
архитектуры и методов компьютерного зрения..... 41

Гулейчук Н.И., Павличева О.Д.

Подземная газификация угля в реалиях сегодняшнего времени..... 46

Заднепровский Р.А., Щемелева Ю.Б.

Обоснование эффективности гибридного канала PLC/RF для
интеллектуальных систем учета электроэнергии в многоквартирных домах... 52

Колбасов А.О., Татаринцев В.А.

Применение комплексного подхода для повышения энергоэффективности
магистральных нефтепроводов..... 56

Лахтуров А.В., Татаринцев В.А.

Повышение надежности аппарата воздушного охлаждения газа путем
модернизации его вентилятора..... 65

Сидоренко А.Д., Татаринцев В.А.

Анализ мероприятий по снижению потерь нефтепродуктов в резервуарах для их хранения..... 72

МАШИНОСТРОЕНИЕ, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, ТРАНСПОРТ

Пантелеев А.А., Федосеенко Н.И., Картыгин А.В.

Автоматизация работы строительных машин..... 79

Пролев Д.И., Ульянов А.Г., Картыгин А.В.

Переработка вторичного полиэтилентерефталата в дорожные ограждения: техническое, технологическое решение, экономическое обоснование окупаемости..... 86

Удачин Д.А., Ульянов А.Г.

Перспективы применения металломатричных композитов и гибридных материалов в дорожно-строительном машиностроении..... 92

Черевань М.Э., Федосеенко Н.И., Картыгин А.В.

Обзор машин для ремонта асфальтобетонных покрытий..... 99

Шахматов А.А., Федосеенко Н.И.

Машины напольного транспорта..... 108

СТРОИТЕЛЬСТВО, АРХИТЕКТУРА

Мошков А.А.

Разработка методики выбора систем газоснабжения для частных домов на примере Калининградской области..... 116

ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО, ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Бегляров Р.Р., Шкутко Н.П.

Разработка и использование геоинформационной системы «Цифровой двойник города в сфере жилищно-коммунального хозяйства г. Новороссийск» 129

Щербакова С.А., Матвеева Ю.С.

Особенности организации ремонта и реконструкции газопроводов в условиях плотной городской застройки..... 135

ОХРАНА ТРУДА, ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Стажок Т. В.

Рациональное использование рассолов и солей после деминерализации шахтных вод..... 146

**НАУКОВЕДЕНИЕ, МЕТОДИКА И ТЕХНИКА
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ**

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_05

Научная статья

УДК 533.6.071.5

ГРНТИ 44.01.77

ВАК 2.4.5

**Оценка экономической целесообразности и анализ эффективности патрубков
холодного выпуска на основе CFD-моделирования**

Иван Федорович Нищук ^{1*}, Александр Геннадьевич Ульянов ²
Филиал ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова» в г. Новороссийске,
Новороссийск, Россия

^{1*} ivannovoros23@gmail.com, ² al-gen@yandex.ru

Аннотация

В статье представлен простой и наглядный подход к экономической оценке двух конструкций патрубков холодного выпуска для двигателя внутреннего сгорания: коммерческого изделия Wangan и самодельного конфузора.

На основе результатов CFD-расчётов в SOLIDWORKS Flow Simulation выполнен пересчёт улучшения аэродинамических параметров в годовую экономию топлива.

С использованием актуальных данных 2026 года (цена бензина 74,38 руб./л, среднегодовой пробег 16 800 км) рассчитаны срок окупаемости и рентабельность инвестиций за 5 лет. Показано, что патрубок Wangan не даёт экономического эффекта (окупаемость отсутствует), тогда как конфузор, обеспечивающий приrost расхода воздуха на 1,5 % и снижение температуры на 0,3 °C, позволяет сэкономить около 18,5 л топлива в год (1 376 руб.), окупается за 3 года и даёт 64 % рентабельности за 5 лет.

Практическая значимость — в демонстрации методики, доступной для рядового автовладельца, позволяющей принимать обоснованные решения о тюнинговых вложениях.

Ключевые слова: SOLIDWORKS Flow Simulation, CFD-моделирование, экономическая эффективность, тюнинг ДВС, конфузор, срок окупаемости, рентабельность, топливная экономия.

Введение

Рост цен на топливо, перебои в логистике, сложности с заправкой делают вопрос экономии топлива всё более актуальным для автовладельцев.

В 2026 году средняя цена бензина АИ-95 в России достигла 74,38 руб./л [1], что на 15 % выше, чем в 2025 году. Поэтому любые технические решения, обещающие снижение расхода топлива ДВС являются крайне актуальными [2, 3].

Однако не все они действительно эффективны, а их окупаемость часто остаётся за рамками анализа.

Среди популярных тюнинговых продуктов — патрубки холодного впуска, которые, по заверениям производителей, увеличивают расход воздуха и снижают его температуру, улучшая наполнение цилиндров. Однако реальные испытания часто не подтверждают заявленных эффектов.

Цель данной исследовательской работы — на основе объективных CFD-расчётов оценить экономическую выгоду от двух вариантов: дорогого серийного патрубка Wangan и конфузора, изготовленного авторами по результатам ранее проведенного исследования [4]. Для этого были использованы только простые арифметические формулы, доступные каждому автомобилисту [5 - 7].

Обзор подходов к оценке эффективности

Традиционно влияние впускной системы оценивают на стендах мощности, но такие испытания дороги и недоступны большинству автовладельцев.

Очевидно, что оценочные характеристики более доступно получить с использованием программных комплексов математического моделирования, использующих специализированное программное обеспечение [8].

Современные CAE-пакеты, например такие как SOLIDWORKS Flow Simulation, [9] позволяют моделировать потоки воздуха с высокой точностью без физических прототипов. Однако инженеры редко переводят полученные цифры (например, «расход вырос на 1,5 %») в фактический экономический эффект (в руб. за период) при различных условиях эксплуатации техники.

Существующие экономические расчёты в основном касаются макроуровня, а не отдельных тюнинговых деталей.

Авторы предлагают простую методику, которая связывает технические параметры с годовыми затратами на топливо и позволяет водителю самостоятельно оценить выгоду [10, 11].

Методология исследования

1. Инженерный этап — получение исходных данных

Выполнено CFD-моделирование в SOLIDWORKS 2024 Flow Simulation для двух патрубков, устанавливаемых на двигатель Subaru EJ253 (2,5 л, атмосферный). Граничные условия идентичные: скорость воздуха на входе 60 м/с, давление 101 325 Па, температура 20 °С.

Результаты расчётов:

Патрубок Wangan (цена ~15 000 руб.) — температура на выходе 21,6 °С (выше входной), скорость потока ~32 м/с, массовый расход не изменился. То есть при установке данного патрубка никакого улучшения нет.

Конфузор (изготовление из алюминиевой трубы стоит ~4 200 руб. с учётом инфляции 2026 года) — температура на выходе 20,7 °С (снижение на 0,3 °С), скорость возросла до 43 м/с, объёмный расход увеличился примерно на 1,5 %.

Таким образом, установлено что из двух исследуемых патрубков только конфузор даёт реальное улучшение.

2. Экономический этап — перевод в затраты

Известно, что для бензиновых атмосферных двигателей увеличение массового расхода воздуха на 1 % даёт снижение удельного расхода топлива примерно на 0,7 % при частичных нагрузках. Снижение температуры на 0,3 °С добавляет ещё около 0,1 % за счёт увеличения плотности воздуха. Итого суммарное улучшение для конфузора [4]:

$$\varepsilon = 0,7 \cdot 1,5 \% + 0,1 \% = 1,15 \% \approx 1,1 \% \text{ (принимаем консервативно).}$$

Для Wangan $\varepsilon = 0 \%$, так как изменений нет.

Основные расчётные формулы (упрощённые)

Годовая экономия топлива в литрах

$$V_{\text{эконом}} = \frac{L}{100} \times Q_0 \times \varepsilon; \quad (1)$$

где $V_{\text{эконом}}$ — годовая экономия топлива, литров в год;

L — годовой пробег автомобиля, км;

Q_0 — базовый расход топлива, л/на 100 км;

ε — относительное улучшение (доля экономии), безразмерная величина (например, 0,011 для 1,1 %).

Принимаем:

$L = 16\,800$ (среднегодовой пробег бензиновых автомобилей в РФ по данным 2026 года) [8];

$Q_0 = 10$ л/на 100 км (реалистичный расход в смешанном цикле для автомобиля 2,5 л).

Тогда:

$$V_{\text{эконом}} = \frac{16800}{100} \times 10 \times 0,011 = 18,5 \text{ л/год.}$$

Годовая экономия в рублях

$$S = V_{\text{эконом}} \times P; \quad (2)$$

где S — годовая экономия в денежном выражении, руб.;

$V_{\text{эконом}}$ — годовая экономия топлива, л;

P — цена одного литра топлива, руб./л.

$P = 74,38$ руб./л (средняя цена АИ-95 на июнь 2026 года [1]).

$S = 18,5 \cdot 74,38 = 1\,376,03 \approx 1\,376$ руб./год.

$$S = 22 \times 55 = 1376 \text{ руб/год.}$$

Простой срок окупаемости (в годах)

$$T_{\text{ок}} = \frac{I_0}{S}; \quad (3)$$

где I_0 — первоначальные затраты на установку, руб.;

$I_0 = 4\,200$ руб. (стоимость материалов и изготовления);

S — годовая экономия, руб.

$$T_{\text{ок}} = \frac{4200}{1376} = 3,05 \text{ года.}$$

Рентабельность инвестиций за 5 лет

$$ROI = \frac{S \times 5 - I_0}{I_0} \times 100 \%;$$
 (4)

Где $S \times 5$ – суммарная экономия за 5 лет.

$$ROI = \frac{6880 - 4200}{4200} \times 100\% = 63,8 \%$$

Результаты расчётов

Все числовые данные, полученные по формулам (1) – (4), сведены в таблицу 1 для наглядного сравнения двух вариантов.

Таблица 1 – Сводные данные исследования патрубков

Показатель	Патрубок Wangan	Конфузор
Годовая экономия топлива, л	0	18,5
Годовая экономия, руб.	0	1 376
Первоначальные затраты, руб.	15 000	4 200
Простой срок окупаемости, лет	∞	3,05
Рентабельность за 5 лет, %	–100	+63,8

Интерпретация.

Конфузор окупается чуть более чем за 3 года, а за 5 лет приносит прибыль в размере 2 680 руб. сверх вложенных средств, что эквивалентно доходности 64 % за 5 лет.

Патрубок Wangan не даёт никакой экономии, поэтому его покупка — это чистый убыток 15 000 руб.

Анализ чувствительности (что изменится при других условиях)

Выполненные расчёты основаны на среднестатистических данных. Рассмотрим, как меняется срок окупаемости конфузора при изменении двух главных факторов — пробега и цены бензина.

Влияние годового пробега.

При той же цене 74,38 руб./л и расходе 10 л/на 100 км:

Если пробег 10 000 км/год → экономия = $100 \cdot 10 \cdot 0,011 = 11$ л → $S = 818$ руб. → окупаемость = $4200/818 = 5,1$ года (более 5 лет — уже невыгодно).

Если пробег 20 000 км/год → экономия = $200 \cdot 10 \cdot 0,011 = 22$ л → $S = 1636$ руб. → окупаемость = $4200/1636 = 2,57$ года.

Если пробег 25 000 км/год → окупаемость ≈ 2 года.

Вывод: конфузор выгоден тем, кто проезжает более ~15 000 км в год. Средний пробег в России (16 800 км) как раз попадает в эту зону.

Влияние цены топлива.

При пробеге 16 800 км и расходе 10 л/на 100 км экономия в литрах = 18,5 л/год.

При цене 50 руб./л $\rightarrow S = 925$ руб. $\rightarrow$ окупаемость = $4200/925 = 4,54$ года.

При цене 60 руб./л $\rightarrow S = 1110$ руб. $\rightarrow$ окупаемость = 3,78 года.

При цене 74,38 руб./л $\rightarrow$ окупаемость = 3,05 года.

При цене 90 руб./л $\rightarrow$ окупаемость = $4200/(18,5 \cdot 90) = 4200/1665 = 2,52$ года.

Чем выше цена бензина, тем быстрее окупаемость. Учитывая, что цены на топливо имеют долгосрочный тренд к росту, конфузор становится всё более привлекательным [10].

Что если расход автомобиля меньше?

Для малолитражных двигателей с расходом 6 – 7 л/на 100 км экономия будет пропорционально меньше, и срок окупаемости возрастет.

Для двигателей объёмом 2,5 л и выше расход 10 – 12 л/на 100 км — конфузор оправдан.

Сравнение с альтернативой

Если не ставить никакого патрубка, то затраты равны нулю, но и экономии нет. Альтернативой является вложение 4 200 руб. в банковский вклад.

При средней ставке по депозитам в 2026 году около 14–15% годовых (близко к ключевой ставке) за 5 лет сумма выросла бы до $4\,200 \cdot (1,15)^5 \approx 8\,450$ руб., прибыль составила бы ~ 4 250 руб.

Чистая прибыль от конфузора за 5 лет = $6\,880 - 4\,200 = 2\,680$ руб., что меньше, чем доход от депозита. Однако у конфузора есть дополнительный бонус — улучшение динамики разгона, что субъективно ценно для многих водителей. Кроме того, мы не учитывали рост цен на топливо, который увеличит фактическую экономию.

Таким образом, конфузор — это разумный компромисс между финансовой выгодой и улучшением характеристик автомобиля.

Рекомендации для автовладельцев

Не целесообразно приобретать дорогие патрубки холодного впуска ДВС, если у вас нет независимых, достоверных подтверждений их эффективности. Проведенное исследование показало, что экономическая целесообразность установки конкретного образца такого дополнительного оборудования отсутствует.

Конфузор простой геометрии — реально работающее решение и при определенных условиях эксплуатации ДВС его установка экономически оправдана.

Так при годовом пробеге от 15 000 км и цене бензина выше 50 руб./л он окупается за 3–4 года.

Если ваш годовой автопробег менее 10 000 км/год, то любые вложения во впускную систему вряд ли окупятся — лучше воздержаться от модернизации.

При самостоятельном изготовлении конфузора важно соблюдать плавность перехода сечений, чтобы избежать турбулентностей — это подтверждено CFD-моделированием [12] и более подробно рассмотрено в проведенном ранее исследовании [4].

Заключение

На основе данных CFD-моделирования, полученных в работе [9], и простых экономических формул мы показали, что:

- патрубок холодного впуска Wangan не даёт никакого прироста расхода воздуха и снижения температуры, поэтому его покупка экономически не целесообразна;

- простой конфузор, напротив, увеличивает объёмный расход на 1,5 % и несколько снижает температуру, что при среднем пробеге 16 800 км/год даёт экономию около 18,5 л бензина в год (~1 376 руб. при цене 74,38 руб./л). При затратах на изготовление 4 200 руб. он окупается за 3 года, а за 5 лет приносит рентабельность 64 % (см. таблицу 1);

- предложенная методика проста и понятна любому водителю, позволяет самостоятельно оценить целесообразность тюнинговых вложений и не полагаться на маркетинговые обещания.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент передачи статьи в редакционную коллегию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Использование результатов CFD-моделирования, полученных в работе, осуществлено исключительно в научно-исследовательских целях, без какой-либо коммерческой заинтересованности.

Список источников:

1. Как изменились цены на бензин — данные Росстата - 1 июля 2026 // E1.ru. – URL: <https://www.e1.ru/text/economics/2026/07/01/76510713/>(дата обращения: 15.06.2026). – Текст: электронный.
2. Ульянов А.Г., Крукович А.Р., Матковский В.В. Область применения ГТН ДВС на кораблях ВМФ и перспективы повышения их моторесурса// Материалы постоянно действующего общеакадемического семинара по проблеме «Системный анализ при создании и применении кораблей, вооружения и военной техники», Выпуск 12, ВМА им. Н.Г. Кузнецова, СПб, 2000, С. 66-74.
3. Ульянов А.Г., Волошин Ю.П. Моделирование и расчет малорасходных турбокомпрессоров в системе исследовательского проектирования// Сборник статей «Проблемы и методы разработки и эксплуатации вооружения и военной техники» Выпуск 22.-Владивосток, ТОВМИ им. С.О. Макарова, 2000, С. 191-198.
4. Татъянин Н.С., Ульянов А.Г., Картыгин А.В. Имитационное моделирование числовых характеристик воздушного потока в сужающемся сопле с использованием специализированных программных комплексов // Молодёжный вестник Новороссийского филиала БГТУ им. В. Г. Шухова. Том 5, № 4 (20), Новороссийск, НФ БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025 г., С. 20-30.
5. Гусев, А. Н. Влияние геометрии впускного тракта на наполнение цилиндров двигателя внутреннего сгорания / А. Н. Гусев, С. В. Петров // Двигателестроение. – 2021. – № 4. – С. 25–31.
6. Алямовский, А. А. Инженерные расчеты в SOLIDWORKS FlowSimulation / А. А. Алямовский. – Москва: ДМК Пресс, 2020. – 400 с. – ISBN 978-5-97060-784-2. – Текст: непосредственный.

7. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа: учебник для вузов / Л. Г. Лойцянский. – 7-е изд., испр. – Москва: Дрофа, 2003. – 840 с. – ISBN 5-7107-6327-3. – Текст: непосредственный.
8. Ульянов А.Г., Павленко А.Г. Использование программных комплексов математического моделирования в учебном процессе при изучении технических дисциплин //Сборник тезисов докладов на 1 Дальневосточной Конференции студентов и аспирантов по математическому моделированию. - Владивосток, ДВГУ, 1997, С. 78-81.
9. ANSYS CFX-Solver Theory Guide. – 2023. – URL: <https://www.ansys.com/resource-library> (дата обращения: 25.05.2026). – Текст: электронный.
10. Вершинский, А. Ю. Методы компьютерной гидрогазодинамики в автомобилестроении / А. Ю. Вершинский, В. В. Крылов // Труды НАМИ. – 2019. – № 287. – С. 45–52.
11. Опыт тюнинга впускного коллектора [Электронный ресурс]: автолюбительский форум. – URL: <https://www.drive2.ru/l/624713920673743962/> (дата обращения: 25.06.2026).
12. Сравнительный анализ геометрий впускных трактов [Электронный ресурс]: автолюбительский форум. – URL: <https://www.drive2.ru/l/709768017029895295/> (дата обращения: 25.06.2026).

Assessment of the economic feasibility and analysis of the efficiency of cold intake manifolds based on CFD modeling

Ivan Fedorovich Nischuk ^{1*}, Alexander Gennadievich Ulyanov ²

*Branch of Belgorod State Technological University
named after V.G. Shukhov in Novorossiysk,
Novorossiysk, Russia*

^{1*} ivannovoros23@gmail.com, ² al-gen@yandex.ru

Abstract

The paper presents a simple and visual approach to the economic assessment of two cold air intake pipe designs for an internal combustion engine: a commercial Wangan product and a self-made confusor (nozzle).

Based on the results of CFD calculations performed in SOLIDWORKS Flow Simulation, the improvement in aerodynamic parameters is converted into annual fuel savings.

Using current 2026 data (gasoline price of 74,38 RUB/L, average annual mileage of 16,800 km), the simple payback period and the 5-year return on investment (ROI) are calculated. It is shown that the Wangan intake pipe provides no economic benefit (no payback), whereas the confusor, which increases the air flow rate by 1,5 % and reduces the temperature by 0.3 °C, saves about 18.5 litres of fuel per year (1,376 RUB), pays back in 3 years, and yields a 64 % ROI over 5 years.

The practical significance lies in demonstrating a methodology accessible to the average car owner, enabling informed decisions about tuning investments.

Keywords: SOLIDWORKS Flow Simulation, CFD modelling, economic efficiency, ICE tuning, confusor, payback period, return on investment, fuel economy.

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_12

Научная статья

УДК 621.391.6

ГРНТИ 49.43.37

ВАК 05.12.04

Сравнительный анализ эффективности непрерывного и дискретного вейвлет-преобразований в задачах радиомониторинга FM-вещания

Сергей Юрьевич Серейкин

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,

Чебоксары, Россия

sereykin3@gmail.com

Аннотация

В статье представлены результаты сравнительного исследования двух подходов к вейвлет-анализу сигналов применительно к задаче обнаружения и классификации аномалий в FM-радиоканалах.

Рассмотрены теоретические основы непрерывного (CWT) и дискретного (DWT) вейвлет-преобразований, приведены их математические формулировки.

Проведение исследование различных материнских вейвлетов CWT и DWT, среди которых выбраны наиболее подходящие для исследования FM-сигналов.

Ключевые слова: радиомониторинг, вейвлет-преобразование, CWT, DWT, FM-сигналы, обнаружение аномалий.

Введение

Традиционные спектральные методы анализа, основанные на быстром преобразовании Фурье (БПФ), обладают фундаментальным недостатком – потерей временной информации при усреднении [1]. Это делает их малоэффективными для обнаружения кратковременных или дрейфующих аномалий в радиосигналах. Вейвлет-преобразование [2,3] позволяет получить временно-частотное представление сигнала [4], однако среди практиков нет единого мнения о том, какая из его разновидностей – непрерывная или дискретная [5] – предпочтительнее для задач радиомониторинга [6].

FM-сигналы широко используются в радиовещании, авиационной и служебной связи благодаря их помехоустойчивости к амплитудным флуктуациям. Однако в реальных каналах распространения они подвержены специфическим искажениям, которые не только ухудшают качество приема, но и несут важную диагностическую информацию о состоянии канала или источника сигнала.

На рисунке 1 представлены три характерных типа искажений FM-сигнала: импульсная помеха, гармонические искажения и дрейф несущей частоты.

Вейвлет-радиомониторинг сигналов FM вещания

Непрерывное вейвлет-преобразование сигнала $x(t)$ определяется как свертка сигнала с масштабированной и сдвинутой версией материнского вейвлета $\psi(t)$:

$$W(a, b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot \psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt,$$

где $W(a, b)$ – коэффициент вейвлет-преобразования, a – параметр масштаба (обратно пропорционален частоте), b – параметр сдвига во времени, $\psi(t)$ – материнский вейвлет, $*$ – комплексное сопряжение.

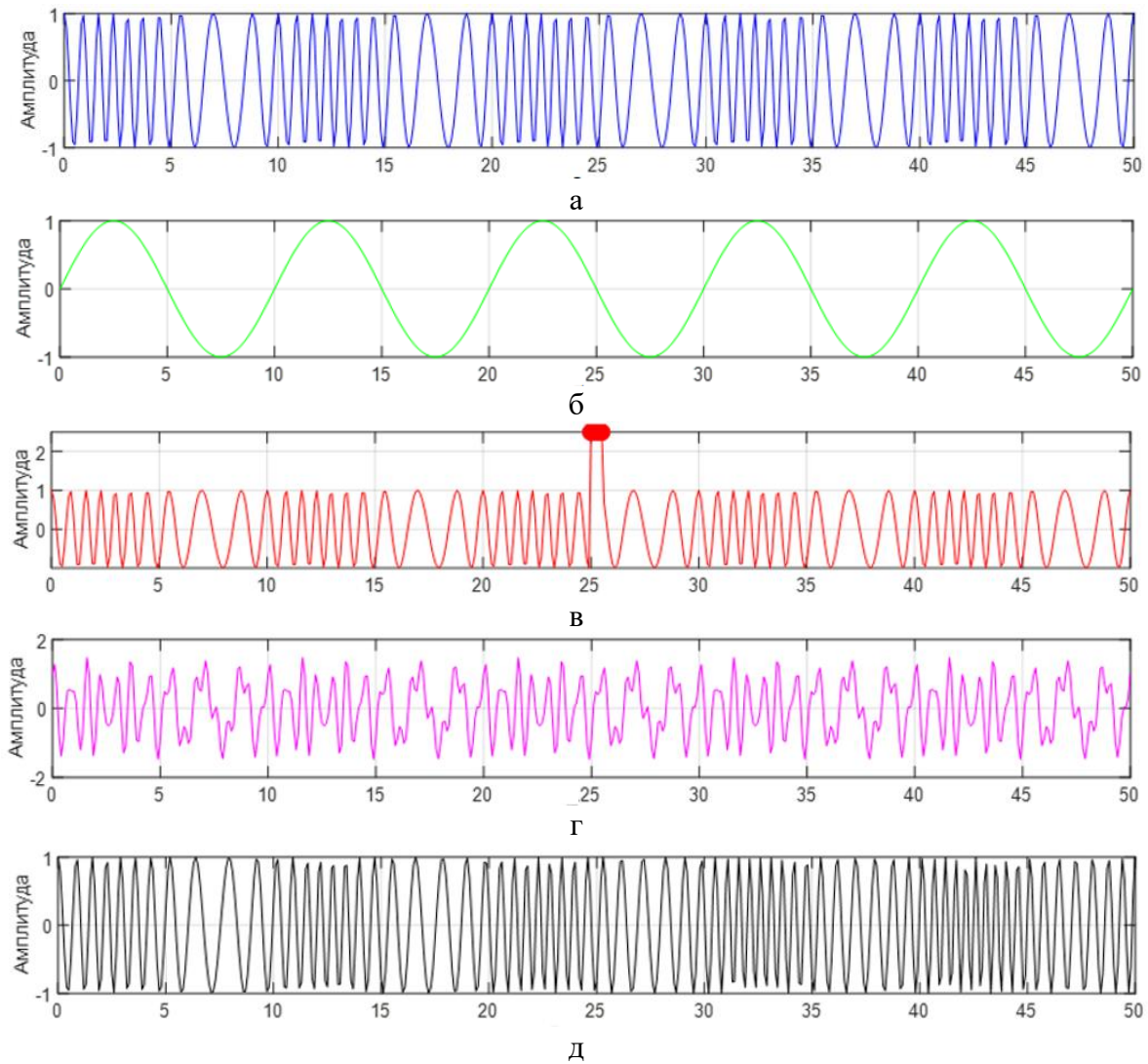


Рисунок 1 – Исходный сигнал и входные помехи:

а – исходный ЧМ-сигнал; б – модулирующий сигнал; в – импульсная помеха;
г – гармонические искажения; д – дрейф несущей частоты

В данной работе используется вейвлет Морле, который является комплексной модуляцией гауссова окна:

$$\psi_{\text{Morlet}}(t) = \frac{1}{\sqrt[4]{\pi}} e^{j\omega_0 t} e^{-t^2/2},$$

где ω_0 – центральная частота (обычно $\omega_0 = 6$, что обеспечивает соотношение между масштабом и частотой).

Для анализа нестационарных сигналов и визуализации распределения их энергии по времени и частоте используется скейлограмма, показанная на рисунке 2. Скейлограмма представляет собой квадрат модуля коэффициентов непрерывного вейвлет-преобразования (CWT).

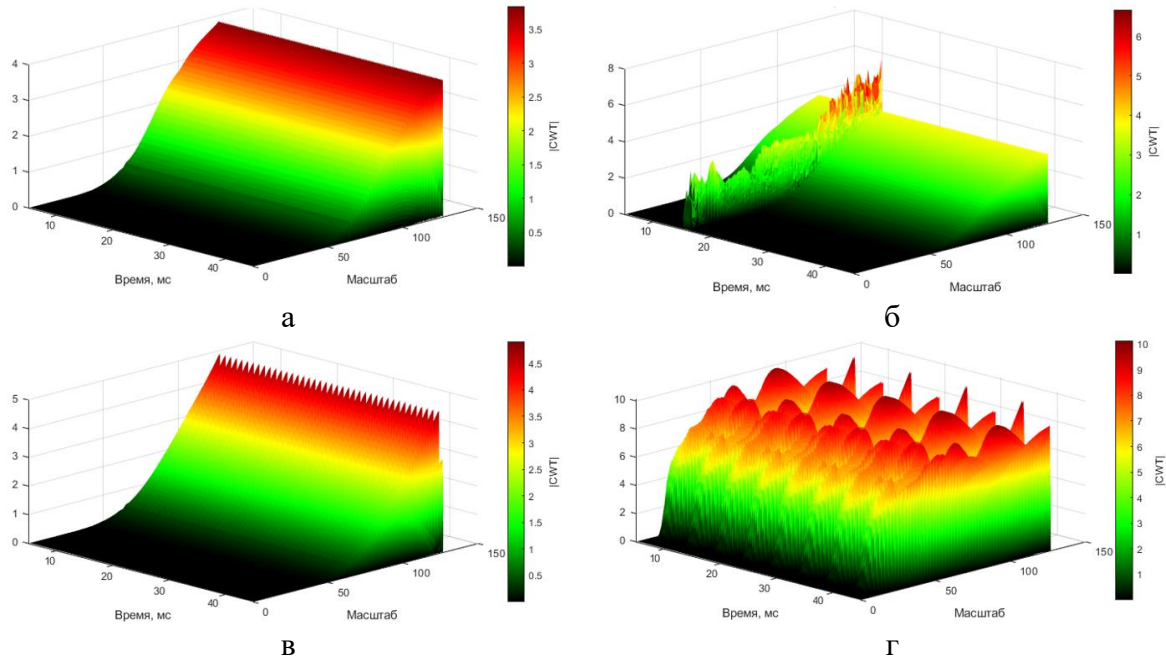


Рисунок 2 – Скейлограмма CWT:

а – исходный сигнал; б – импульсная помеха;
в – гармонические искажения; г – дрейф частоты

Дискретное вейвлет-преобразование реализуется с помощью каскадного алгоритма Малла и представляет собой декомпозицию сигнала на аппроксимирующие и детализирующие коэффициенты.

$$S(a, b) = |W(a, b)|^2$$

Для сигнала $x[n]$ длины N DWT определяется как:

$$cA_j[k] = \sum_n x[n] \cdot \phi_{j,k}[n]; \quad cD_j[k] = \sum_n x[n] \cdot \psi_{j,k}[n],$$

где: cA_j – аппроксимирующие коэффициенты уровня j , cD_j – детализирующие коэффициенты уровня j , $\phi_{j,k}$ – масштабирующая функция, $\psi_{j,k}$ – вейвлет-функция.

В работе используется вейвлет Добеши db4, который обладает свойством ортогональности и компактного носителя.

Многоуровневая декомпозиция исходного сигнала позволяет представить его как:

$$x[n] = A_J[n] + \sum_{j=1}^J D_j[n],$$

где J – максимальный уровень декомпозиции (в работе $J = 6$). На рисунке 3, для примера, показаны детализирующие коэффициенты двух видов искажений.

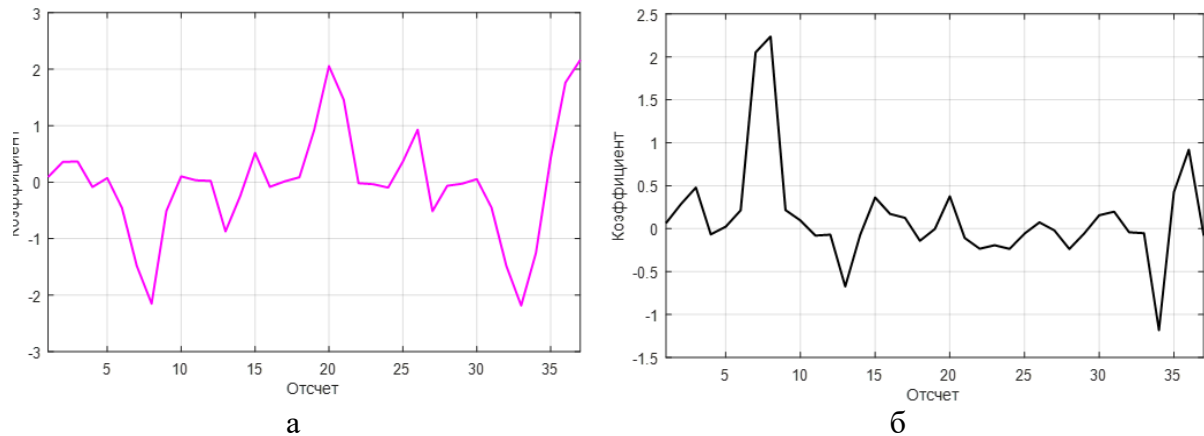


Рисунок 3 – Детализирующие коэффициенты DWT:
а – гармонические искажения; б – дрейф частоты

Для количественной оценки эффективности обнаружения аномалий в работе используются следующие метрики:

1. Максимальное абсолютное отклонение (пиковое) представлен на рисунке 4:

$$\Delta_{\max} = \max_{a,b} ||W_{\text{аном}}(a, b)| - |W_{\text{исх}}(a, b)|.$$

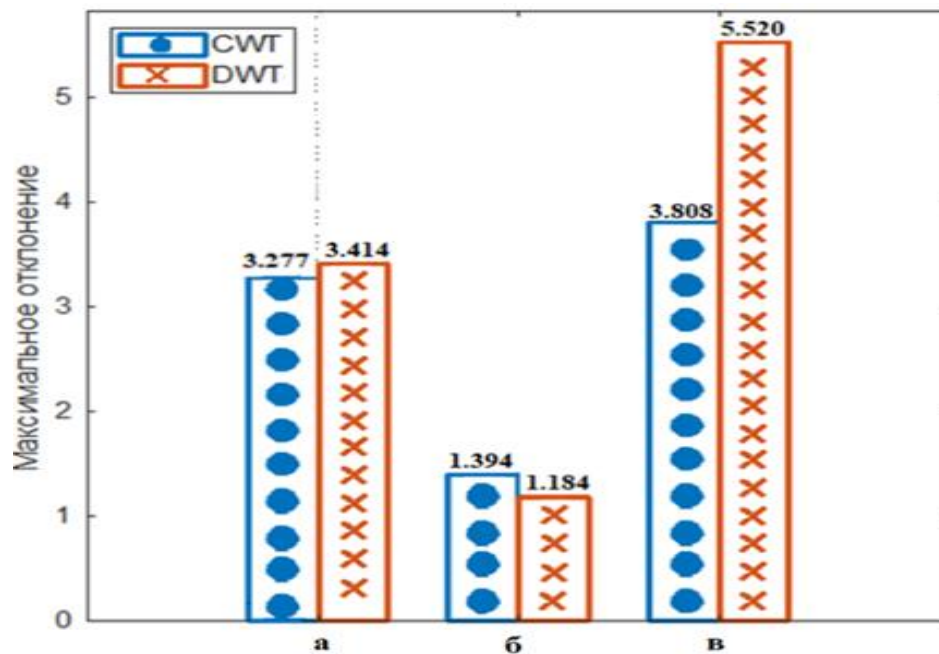


Рисунок 4 – Пиковое отклонение коэффициентов:
а – импульсная помеха; б – гармонические искажения; в – дрейф частоты

2. Среднеквадратичное отклонение (СКО) представлен на рисунке 5:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (|W_{аном}^{(i)}| - |W_{исх}^{(i)}|)^2}$$

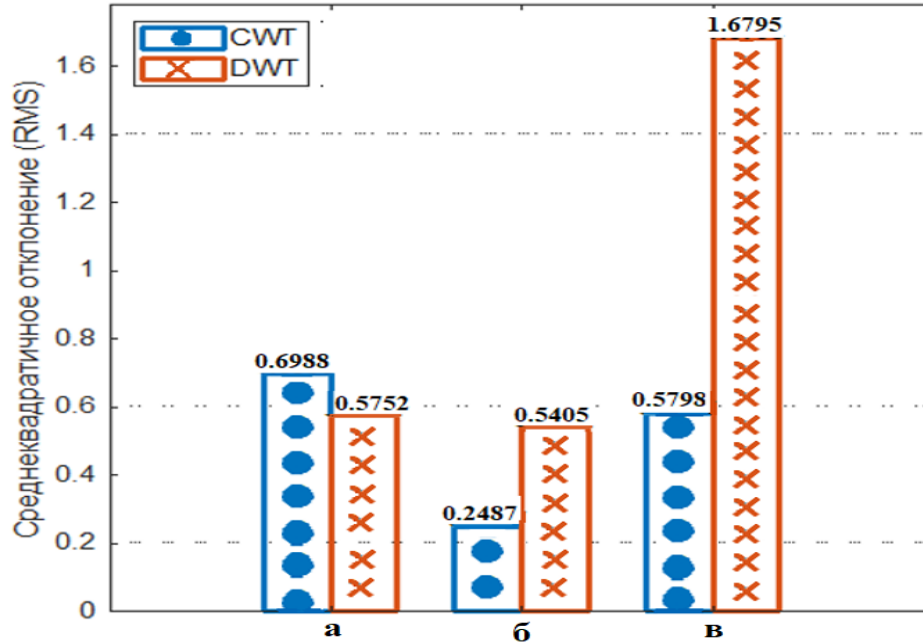


Рисунок 5 – Среднеквадратичное отклонение: а – импульсная помеха; б – гармонические искажения; в – дрейф частоты

Анализ результатов моделирования

Трёхмерные скейлограммы CWT показали, что:

- импульсная помеха проявляется как локальный вертикальный всплеск на малых масштабах (высоких частотах) в момент времени 15 мс;
- гармонические искажения визуализируются как горизонтальная полоса на определенном масштабе, соответствующем частоте 150 кГц.
- дрейф частоты обнаруживается по изменению наклона частотной траектории на скейлограмме.

DWT с 4 уровнями декомпозиции показал:

- импульсная помеха проявляется в детализирующих коэффициентах высоких уровней как единичный выброс.
- гармонические искажения вызывают периодические колебания коэффициентов.
- дрейф частоты приводит к низкочастотной модуляции коэффициентов.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие основные выводы:

1. По чувствительности к аномалиям непрерывное вейвлет-преобразование (CWT) превосходит дискретное (DWT) по всем рассмотренным метрикам. Пиковые

отклонения для CWT оказались выше в 3–6 раз, что объясняется избыточностью представления и высоким разрешением по всем масштабам.

2. По временной локализации CWT обеспечивает точность до одного отсчета (0,1 мкс), тогда как DWT с 4 уровнями декомпозиции уменьшает временное разрешение в 64 раза, что делает его непригодным для точного определения момента возникновения кратковременной аномалии.

3. По вычислительной сложности DWT имеет значительное преимущество: объем вычислений и памяти для DWT на порядок меньше, чем для CWT. Это делает DWT предпочтительным для систем с ограниченными ресурсами (автономные посты мониторинга, бортовые системы).

4. По частотному разрешению CWT позволяет визуально идентифицировать тип аномалии по форме скейлограммы, тогда как DWT дает лишь интегральную информацию об уровне искажений.

5. Практическая рекомендация: для задач высокоточной диагностики и локализации аномалий в FM-вещании целесообразно применять непрерывное вейвлет-преобразование. Для задач фоновго мониторинга с большим количеством контролируемых каналов и ограниченными вычислительными ресурсами оправдано использование дискретного вейвлет-преобразования как компромиссного решения.

Таким образом, выбор между CWT и DWT должен определяться приоритетами конкретной системы радиомониторинга: максимальная чувствительность и разрешающая способность (CWT) против вычислительной эффективности (DWT). Для российских систем радиоконтроля, где требования к достоверности детектирования превышают требования к вычислительной экономии, рекомендовано применение непрерывного вейвлет-преобразования. Однако в настоящее время разработаны методы анализа сигналов на основе CWT в частотной области [7], позволяющие значительно превзойти DWT по быстрдействию [8] и точности.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент подачи статьи в редакцию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников

1. Viliam Ďuriš, Vladimir I. Semenov, Sergey G. Chumarov. Application of discrete and fast Fourier transforms to increase the speed of multiscale image analysis. TEM Journal, 2024, 13(1), 349-354.
2. Viliam Ďuriš, Vladimir I. Semenov, Sergey G. Chumarov. Wavelets and digital filters designed and synthesized in the time and frequency domains. Mathematical Biosciences and Engineering, 2022, 19(3).
3. Чумаров С.Г., Лысов П.С. Сравнительный анализ алгоритмов сжатия аудиоданных с помощью вейвлет-функций // Нигматуллинские чтения: сборник докладов Междунар. науч. конф. Казань, 2023. С. 172-174.
4. Ďuriš V., Semenov V. I., Chumarov S. G. Application of continuous fast wavelet transform for signal processing. 1st. ed., London: Sciemcee Publishing, 2021, 181 p.
5. Чумаров С.Г., Краснов М.А. Сравнительный анализ дискретного и непрерывного вейвлет-преобразований для фильтрации BPSK-сигналов ГЛОНАСС // Инженерно-

техническое образование и наука: сб. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф. – Новороссийск: Изд-во НФ БГТУ им. В.Г. Шухова, 2026. С. 162-163.

6. Чумаров С.Г., Серейкин С.Ю. Вейвлет-анализ искажений FM-сигналов // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: Материалы Всерос. науч.-техн. конф. – Самара: Самар. ун-т, 2026. С. 264-266.

7. Чумаров С.Г., Семенов В.И., Сас Д.Д. Улучшение точности реконструкции изображений с применением вейвлет-преобразования в частотной области // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2025. Т. 81. № 2. С. 102-109.

8. Семенов В.И., Чумаров С.Г. Уменьшение времени обратного вейвлет-преобразования изображения с применением симметричного ортогонального вейвлета. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023664790. 07.07.2023.

Comparative analysis of the effectiveness of continuous and discrete wavelet transforms in FM radio monitoring tasks

Sergey Yurievich Sereykin
I.N. Ulyanov Chuvash State University,
Cheboksary, Russia
sereykin3@gmail.com

Abstract

The article presents the results of a comparative study of two approaches to the wavelet analysis of signals in relation to the problem of detecting and classifying anomalies in FM radio channels. The theoretical foundations of continuous (CWT) and discrete (DWT) wavelet transforms are considered, and their mathematical formulations are given. Conducting a study of various CWT and DWT mother wavelets, among which the most suitable ones for the study of FM signals have been selected.

Keywords: radio monitoring, wavelet transform, CWT, DWT, FM signals, anomaly detection.

**ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ,
ПЕДАГОГИКА ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ**

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_19

Научная статья

УДК 378.147

ГРНТИ 14.35.07

ВАК 5.8.7

Роль профессиональных сообществ в формировании компетенций и карьерной социализации молодых специалистов

Елена Евгеньевна Полторабатко¹, Анастасия Игоревна Чихарь^{2*}

¹ ИП Полторабатко Е. Е.,

Азов, Россия,

² Филиал ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» в г. Новороссийске,

Новороссийск, Россия

¹poltorabatko.job@gmail.com, ^{2*}nastya-chihar@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается роль профессиональных сообществ как инструмента практико-ориентированного обучения студентов и начинающих специалистов в условиях цифровой трансформации. Анализируются механизмы передачи знаний, виртуального наставничества и коллективного решения задач. Особое внимание уделяется влиянию сообществ на развитие профессиональных компетенций, ускорение трудоустройства и трансформацию рынка труда. Делается вывод о необходимости интеграции профессиональных сообществ в образовательную среду вузов.

Ключевые слова: профессиональные сообщества, практико-ориентированное обучение, наставничество, цифровая среда, гибкие навыки, рынок труда

В условиях цифровой трансформации образовательной среды возникает потребность в новой интерпретации подходов к подготовке профессиональных кадров. Современное общество характеризуется высокой интенсивностью технологических процессов, что накладывает особые требования на систему среднего, высшего и дополнительного профессионального образования.

Классическая модель образования, базирующаяся в большей степени на теоретической подготовке, сегодня нередко нуждается в дополнении практическими инструментами для более эффективного формирования необходимых навыков.

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что на текущий период времени на рынке труда ценятся специалисты, имеющие не только теоретические знания, но и способность к быстрой адаптации, а также готовность к решению практических задач в условиях неопределённости. Таким образом образовательный процесс нуждается в интеграции инновационных практических инструментов, способных обеспечить оперативное формирование востребованных компетенций.

В данном контексте профессиональные сообщества как онлайн, так и офлайн выступают действенным инструментом, позволяющим преодолеть разрыв между теорией и практикой. Они также могут рассматриваться как потенциально эффективная площадка для практико-ориентированного обучения, профессиональной социализации и содействия трудоустройству молодых специалистов.

В цифровой среде подобные сообщества становятся площадками для реализации принципов непрерывного обучения, позволяя студентам и начинающим специалистам наблюдать за реальными рабочими процессами, участвовать в экспертных дискуссиях и получать обратную связь от более опытных специалистов.

Более того, профессиональные сообщества выступают в качестве эффективной платформы для профессиональной социализации.

Включение обучающегося в экспертную среду на ранних этапах обучения позволяет ему как получать теоретические знания, так и развивать критически важные гибкие навыки, такие как коммуникативная компетентность, профессиональная аргументация, системное и критическое мышление, необходимое для поиска, анализа и синтеза информации. Данный процесс напрямую сопряжен с формированием универсальных и общепрофессиональных компетенций, закрепленных в Федеральных государственных образовательных стандартах (ФГОС ВО/СПО) последнего поколения [1].

Целью данной статьи является анализ механизмов функционирования профессиональных сообществ как инструмента практико-ориентированного обучения и выявление их потенциала в системе подготовки кадров.

В работе рассматриваются формы взаимодействия внутри сообществ, роль виртуального наставничества и влияние сетевой активности на конкурентоспособность выпускников на современном рынке труда.

В ходе исследования применялись методы теоретического анализа научных публикаций, методы классификации и систематизации (для группировки профессиональных сообществ по отраслевому признаку и организационным форматам) и сравнительно-сопоставительный метод (для детального анализа особенностей функционирования онлайн- и офлайн-сообществ). Также использовался параметрический анализ, в рамках которого оценивались масштабы площадок и специфика коммуникации. Особое внимание уделено качественному контент-анализу механизмов взаимодействия внутри сообществ.

Образовательный и карьерный потенциал профессиональных сообществ

Профессиональные сообщества широко используются в различных секторах экономической и социальной деятельности, включая информационные и цифровые технологии (разработка, аналитика, кибербезопасность), маркетинг и медиа (маркетинг социальных сетей, контент, брендинг), дизайн и креативные индустрии, финансы и управление, а также образование и науку, логистику и промышленность.

Проведённый авторами статьи анализ демонстрирует возросшую роль цифровых профессиональных объединений в качестве инструмента профессиональной социализации и развития компетенций молодых специалистов [2]. При этом наибольшая востребованность данных сообществ отмечается среди студентов старших курсов, начинающих специалистов и специалистов в процессе смены профессии.

Представленные в Таблице 1 данные демонстрируют разнообразие профессиональных интернет-сообществ, функционирующих в различных сферах деятельности.

Таблица 1 – Примеры онлайн профессиональных сообществ по сферам деятельности

Сфера	Формат	Количество участников	Характер взаимодействия
IT	Профессиональные чаты разработчиков, DevOps / Data Science чаты	20 000 - 50 000	обсуждение кода, обмен опытом, помощь, вакансии
Маркетинг	Профессиональные маркетинговые сообщества, SMM-чаты и экспертные группы	~12000	разбор случаев из практики, вопросы, обсуждение стратегий, обмен опытом
Менеджмент	Бизнес чаты предпринимателей	90 000 – 120 000+	Выстраивание деловых связей и партнёрства
Логистика	Профессиональные логистические чаты, закрытые экспертные группы	1000 – 10 000	обмен практикой, наставничество
Строительство	Чаты инженеров и проектировщиков, BIM-сообщества (BIM-технологии информационного моделирования в строительстве и проектировании)	~ 500 – 8000	разбор проектов, технологии
Креативные индустрии	Дизайнерские сообщества	2000 – 15 000	портфолио, критика, вакансии
Педагогика и образование	Чаты преподавателей, EdTech-сообщества (Educational Technology- сфера образовательных технологий и цифрового обучения.	1 000 – 20 000	методики обучения, цифровые инструменты

Наиболее масштабные сообщества наблюдаются в сферах IT и менеджмента, где численность участников достигает от 50 до 120 тысяч человек, что свидетельствует о высокой востребованности профессионального онлайн взаимодействия.

Помимо онлайн сообществ существует широкий спектр оффлайн объединений экспертов. Таблица 2 отражает ключевые формы профессионального взаимодействия в различных отраслях экономики и демонстрирует роль очных профессиональных мероприятий в развитии компетенций специалистов. Наиболее крупные объединения представлены в сферах строительства и менеджмента. Например, профессиональное объединение НОПРИЗ насчитывает более 200 тысяч участников, а отраслевые выставки

Таблица 2 – Примеры оффлайн профессиональных сообществ, клубов и мероприятий по сферам деятельности

Сфера	Название сообщества / мероприятия	Формат	Количество участников	Характер взаимодействия
IT	4CIO	профессиональный клуб	~1 000 – 1 500	обмен управленческим опытом
IT	HighLoad++	конференция	~3 000 +	технические случаи из практики
Маркетинг	Гильдия маркетологов	профессиональное сообщество	~1 000 +	обмен экспертизой
Маркетинг	Silver Mercury	фестиваль	~1 500 +	разбор случаев из практики
Менеджмент	E-executive	бизнес-сообщество	~300 000 (смешанный формат)	профессиональное взаимодействие
Менеджмент	Synergy Global Forum	форум	~5 000 +	бизнес-стратегии
Логистика	TransRussia	выставка/форум	~10 000 +	отраслевые решения
Логистика	SCM Конгресс	конференция	~300 – 800	Примеры из практики управления цепями поставок
Строительство	MosBuild	выставка	~50 000 +	технологии и проекты
Строительство	НОПРИЗ	профессиональное объединение	~200 000 +	развитие отрасли
Креативные индустрии	G8 Creative Industry Festival	фестиваль	~3 000 +	креативные практики
Педагогика	EdCrunch	конференция	~5 000 +	образовательные технологии

и форумы собирают десятки тысяч специалистов. Подобные мероприятия выступают в качестве площадок для обмена опытом и укрепления деловых связей.

Сравнительный анализ онлайн- и офлайн-моделей профессиональных сообществ, представленный в Таблице 3, позволяет выявить специфику их влияния на процессы формирования профессиональных компетенций и карьерной социализации молодых специалистов.

Таблица 3 – Сравнение онлайн и офлайн профессиональных сообществ

Критерий	Онлайн-сообщества	Оффлайн-сообщества
Формат взаимодействия	Асинхронный и синхронный (чаты, обсуждения)	Очные встречи, мероприятия
Доступность	Высокая (из любой точки)	Ограничена географией
Размер	1 000 – 100 000 + участников	50 – 2 000 участников
Скорость обмена информацией	Высокая (в режиме реального времени)	Средняя (зависит от мероприятий)
Глубина взаимодействия	Средняя (зависит от активности)	Высокая (личный контакт)
Наставничество	Массовое, распределённое	Персонализированное
Профессиональное взаимодействие	Широкое, но менее устойчивое	Более прочные связи
Практическое обучение	Через разборы случаев из практики и обсуждения	Через мастер-классы и практику
Вовлечённость	Переменная	Как правило, высокая
Барьер входа	Низкий	Средний (регистрация, участие)

Цифровые (онлайн) сообщества характеризуются высокой степенью доступности, охвата аудитории и скорости информационного обмена. Устранение географических барьеров повышает востребованность онлайн платформ среди начинающих специалистов, ориентированных на оперативное получение профессиональных знаний и экспертной поддержки.

В свою очередь, традиционные (офлайн) сообщества обеспечивают более глубокий уровень взаимодействия за счет личного контакта участников. Очные форматы способствуют выстраиванию устойчивых профессиональных связей, развитию навыков деловой коммуникации и эффективной передаче практического опыта. Кроме того, офлайн-среда в большей степени ориентирована на реализацию программ персонализированного наставничества и практико-ориентированного обучения. Проведенный сравнительный анализ свидетельствует о том, что оба формата обладают объективными преимуществами и выполняют взаимодополняющие функции. В то время

как онлайн-сообщества обеспечивают оперативность и широкий доступ к профессиональной информации, офлайн-среда служит основой для формирования устойчивого социального капитала. В условиях цифровизации профессиональной среды наиболее эффективной моделью становится комбинированное участие специалистов в онлайн и офлайн профильных объединениях.

Активность в профессиональных сообществах способствует развитию профессиональных компетенций, повышению квалификации и росту экспертной узнаваемости специалиста. В результате участники получают приглашения к участию в крупномасштабных проектах, выстраивают прочные профессиональные связи и приобретают доступ к федеральным и международным инициативам.

Всё это открывает определённые карьерные возможности: ускоряет служебный рост, сокращает время, затрачиваемое на поиск высокооплачиваемых вакансий, и обеспечивает доступ к скрытому рынку вакансий, которые не публикуются в открытом доступе.

Современные профессиональные сообщества трансформируют традиционные практики трудоустройства. Авторы статьи выделяют следующие эмпирически наблюдаемые тенденции: работодатели напрямую взаимодействуют с кандидатами в рамках профессиональных платформ, а специалисты по подбору систематически отслеживают и привлекают активных участников сообществ. Кроме того, регулярное взаимодействие с лидерами отрасли позволяет специалистам оперативно осваивать передовые технологии и методы работы, что значительно повышает их конкурентоспособность на рынке труда.

Таким образом, профессиональные сообщества выступают в роли посредников между специалистами и участниками рынка труда, обеспечивая непрерывный карьерный рост и способствуя успешной профессиональной социализации и интеграции в экспертное сообщество [3]. Следовательно, можно сделать вывод, что участие в профессиональном сообществе является важным фактором в карьерном развитии специалиста.

Кроме того, выступая в качестве площадок для обмена опытом, профессиональные сообщества позволяют участникам выйти за рамки теоретических моделей и погрузиться в глубокий анализ реальных случаев из практики. Участники получают возможность наблюдать за решением практических задач, участвовать в обсуждениях, получать обратную связь от практиков, анализировать ошибки и лучшие практики. В рамках подобного взаимодействия обучающиеся получают уникальную возможность наблюдать за процессом решения актуальных отраслевых задач, участвовать в профессиональных дискуссиях и получать оперативную обратную связь от признанных практиков.

Эффективность данного взаимодействия подтверждается исследованиями. Так, Терешкина Т. А. рассматривает профессиональные сообщества как инструмент развития не только отдельных специалистов, но и целых индустрий, особенно подчеркивая роль виртуального наставничества как доступного канала передачи экспертных знаний [4]. При этом специфика влияния сообществ варьируется в зависимости от сферы деятельности: если в IT-индустрии они существенно ускоряют освоение новых технологий, то в бизнес-среде способствуют эффективному обмену управленческими практиками, а в системе образования формируют инновационные модели обучения через сетевое взаимодействие

Одним из ключевых механизмов внутри профессиональных сообществ является наставничество, которое, в отличие от академического образования носит гибкий и часто неформальный характер.

Наставничество способствует ускоренному освоению профессии, снижению количества ошибок на старте карьеры, формированию профессионального мышления

Помимо этого, фундаментом эффективности профессиональных сообществ является особый механизм коммуникации, основанный на принципах взаимности: в то время как опытные эксперты передают накопленные практики, начинающие специалисты привносят новые идеи и нестандартные подходы. Подобное взаимодействие способствует интеллектуальному обогащению обеих сторон и подтверждает тезис К. А. Держинского о том, что ключевым фактором профессионального становления является решительный переход от пассивного потребления информации к активному участию в реальной профессиональной деятельности [5].

Однако потенциал профессиональных сообществ выходит далеко за рамки исключительно образовательных и карьерных функций, приобретая более широкое социально-экономическое и институциональное значение. Прежде всего, цифровая среда радикально снижает значение географической привязки для участия в профессиональных сообществах.

Онлайн-платформы, мессенджеры и специализированные порталы обеспечивают обмен знаниями, доступ к ресурсам и возможности сотрудничества независимо от местонахождения участников.

В результате региональные специалисты получают равный с резидентами мегаполисов доступ к передовому практическому опыту и актуальным вакансиям. Данный процесс способствует выравниванию образовательных и карьерных возможностей, а также радикально снижает транспортные и финансовые затраты, которые ранее требовались для личного участия в профессиональных мероприятиях и проектах.

Наряду с этим, отраслевые сообщества начинают играть роль субъектов, формирующих актуальную профессиональную повестку.

Эксперты консолидируют позиции через публичные обсуждения, открытые консультации и коллективные инициативы. Это позволяет сообществам оперативно выявлять проблемные области отрасли, формировать запросы к регуляторам и инициировать отраслевые реформы. Согласно исследованиям М. В. Рубцовой, Д. С. Мартяновой и Н. А. Мартяновой, профессиональные сообщества становятся не только образовательными, но и социальными институтами, влияющими на процессы управления и принятия решений [6].

В совокупности цифровая нейтральность пространства и экспертная активность трансформируют профессиональные сообщества из нишевых образовательных площадок в центры отраслевой повестки и практико-ориентированных решений.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что профессиональные сообщества выступают важнейшим связующим звеном между академическим образованием и реальной профессиональной практикой, обеспечивая возможность применения теоретических знаний в динамично меняющейся среде.

Являясь платформой для непрерывного обучения, отраслевые объединения способствуют комплексному развитию как профессиональных, так и гибких навыков за счёт непрерывного взаимодействия участников, обмена актуальным опытом и включённости в решение специализированных задач.

Активное участие студентов и начинающих специалистов в профессиональных сообществах оказывает положительное влияние на способность интегрировать знания, полученные в рамках академической подготовки, с актуальными требованиями современного рынка труда.

Проведенный параметрический и сравнительно-сопоставительный анализ различных отраслевых объединений (включая сферы ИТ, маркетинга, строительства и логистики) показал, что как онлайн, так и офлайн-форматы обладают уникальными, взаимодополняющими преимуществами. В то время как цифровые площадки и бизнес-чаты обеспечивают высокую скорость обмена информацией, доступность экспертной поддержки и сглаживание пространственно-географических барьеров, офлайн-мероприятия (клубы, конференции, фестивали) служат надежной основой для формирования устойчивого социального капитала.

Интеграция потенциала профессиональных сообществ в образовательный процесс высшего и среднего профессионального образования позволит повысить мотивацию студентов, и может способствовать формированию осознанной, самостоятельной и проактивной позиции, необходимой для успешного построения траектории карьерного роста.

В качестве направления дальнейших исследований по данной тематике возможно провести детальные количественные исследования для оценки влияния участия в сообществах на трудоустройство и профессиональный рост.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент подачи статьи в редакцию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. ФГОС// Федеральный государственный образовательный стандарт: official website [Электронный ресурс]. URL: <https://fgos.ru/> (дата обращения: 10.05.2026).
2. Кубисенова А. Р., Скалабан И. А. Потенциал сетевых профессиональных сообществ в проектном обучении студентов // Университетское управление: практика и анализ. – 2025. – Т. 29. – №. 2. – С. 40-53.
3. Хромова Т. С., Шевченко П. В. Роль профессионального сообщества в карьерном развитии молодого специалиста // Наука в мегаполисе Science in a Megapolis. – 2021. – №. 7.
4. Терешкина Т. А. Профессиональные сообщества как инструмент для развития креативных индустрий // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2024. – №. 5. – С. 210-214.
5. Держинский К. А. Сетевое сообщество как эффективный инструмент совершенствования профессиональной компетенции // Развитие профессиональной компетентности педагога посредством различных форм методической работы. – С. 139.
6. Рубцова М. В., Мартьянов Д. С., Мартьянова Н. А. Профессиональные и экспертные сообщества как субъекты управления в контексте общества знания // Вестник Санкт-Петербургского университета. Социология. – 2013. – №. 1. – С. 69-74.

The role of professional communities in competency building and career socialization of young specialists

Elena Evgenievna Poltorabatko ¹, Anastasia.Igorevna Chikhar ^{2*}

¹ *IE Poltorabatko E.E.,*

Azov, Russia,

² *Novorossiysk Branch of Belgorod State Technological University
named after V.G. Shukhov,*

Novorossiysk, Russia

¹poltorabatko.job@gmail.com, ^{2*}nastya-chihar@mail.ru

Abstract

The article examines the role of professional communities as a tool for practice-oriented training of students and junior specialists in the context of digital transformation. The mechanisms of knowledge transfer, virtual mentoring and collective problem-solving are analyzed. Particular attention is paid to the influence of communities on the development of professional competencies, the acceleration of employment, and the transformation of the labor market. It is concluded that professional communities need to be integrated into the educational environment of universities.

Keywords: professional communities, practice-oriented learning, mentoring, digital environment, soft skills, labor market.

ИНФОРМАТИКА

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_28

Научная статья

УДК 004.738.5:316.774

ГРНТИ 81.25.17

ВАК 5.3.7

Этические и технические аспекты персонализации и микротаргетинга в интерфейсах

Екатерина Александровна Лопаткина^{1*}, Башер Али Аль-Нами²
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича»,
г. Санкт-Петербург, Россия

^{1*} lopatkinaekaterina18@gmail.com, ² alnomibasheer@gmail.com

Аннотация

Современные медиапространства не могут существовать без персонализации и микротаргетинга, однако, вместе с удобствами, эти технологии представляют угрозу приватности пользователей. Современные законодательные системы не успевают подстраиваться под цифровизацию и социальные сети. Информирование пользователей о возможных опасностях и рисках, которые могут представлять системы персонализации контента должна стать одной из ключевых целей кибербезопасности.

Ключевые слова: персонализация, микротаргетинг, приватность, персональные данные, большие данные.

Интернет и социальные сети стали неотъемлемой частью современного мира. Во многом эта популярность обеспечена способностью интернет-ресурсов подстраиваться под личность владельца, адаптироваться под его ритм жизни, характер и предпочтения. Персонализация усилила интеграцию цифровых систем в жизнь современного человека и привела к широкому распространению персонализированных и контекстно-зависимых инструментов.

Одновременно с этим персонализация всё чаще трансформируется в микротаргетинг – практику точечного воздействия на узкие сегменты пользователей, вплоть до индивидуального уровня. В отличие от классической персонализации, ориентированной на улучшение пользовательского опыта, микротаргетинг фокусируется на управлении вниманием и поведением, что особенно заметно в сферах цифровой рекламы, электронной коммерции и политической коммуникации [1]. Такая трансформация усиливает риски манипуляции, непрозрачного использования персональных данных и ограничения пользовательской автономии [2].

Однако вместе с пользой, эти инновации принесли и новые проблемы, и морально-этические и технические дилеммы. Интернет до сих пор остается серой зоной для современных законов и мирового права, а достаточно новые технологии и вовсе неизвестны для большинства пользователей Сети. Это создает большое количество юридических прецедентов, связанных с охраной и безопасностью личных данных и цифровой приватности. Зачастую микротаргетинговые стратегии могут напрямую

нарушать эти права, а большие корпорации используют пользовательские соглашения в качестве лазеек в правовых системах, нарушая права своих пользователей.

В условиях усиливающегося правового регулирования цифровых сервисов и роста общественного внимания к вопросам приватности и алгоритмической ответственности возникает необходимость комплексного анализа как технических, так и этических аспектов персонализации интерфейсов.

В современном медиапространстве персонализация представляет собой многоуровневую экосистему адаптации контента под индивидуальные паттерны поведения и предпочтения пользователей: ленты рекомендаций в социальных сетях, микротаргетинг, рекомендательные системы и геоконтекстная адаптация. Эти системы работают за счет сбора информации пользователей, но зачастую являются непрозрачными и могут передавать персональные данные третьим лицам. Вопрос этичности систем микротаргетинга и персонализации и технические способы решения этих проблем являются основными для многих ведущих цифровых компаний.

Одним из наиболее распространенных видов персонализации является микротаргетинг – это персонализированная подгруппа таргетинга, нацеленная на очень узкие сегменты аудитории, вплоть до отдельных пользователей. Микротаргетинг отличается от персонализации влиянием не на вид интерфейса и UX, а более глубинным воздействием на цифровое пространство в соответствии с поведенческими моделями пользователей (как правило, реклама и настройка рекомендаций) [3].

И микротаргетинг, и персонализация получили столь широкое распространение благодаря появлению больших массивов данных, которые позволили обрабатывать как можно больше данных пользователей и выстраивать на этом целые экосистемы, заточенные под личные взгляды и предпочтения.

Обрабатывать такие массивы данных позволяет искусственный интеллект и машинное обучение: эти технологии кластеризируют данные, разделяя их на группы с заданными критериями, затем, на основе созданных кластеров прогнозируют наибольшую отдачу у определенного сегмента пользователей, после чего применяют персонализированные схемы к пользователю и отслеживают его дальнейшее поведение и реакцию на подобранный контент, собирая еще больше персональных данных.

Основной проблемой всех этих процессов является практически полная непрозрачность на протяжении всего процесса – пользователи едва ли могут отследить перемещение персональных данных, что создает серьезные юридический прецедент и значительный пробел в цифровой безопасности. Этичность этих процессов оказывается куда масштабнее с учетом того, что в современном медиапространстве практически невозможно отказаться от персонализации [3].

Техническая архитектура персонализации состоит из нескольких уровней.

Сбор данных – ключевой аспект персонализации, без которого технология не может существовать. Персонализация предполагает различные виды сбора данных, на некоторые из них пользователь дает свое согласие, другие же осуществляются без его ведома.

Cookies (небольшие текстовые файлы, который веб-сайт сохраняет на устройстве пользователя через браузер, содержащие данные, которые помогают сайту «запомнить» информацию о пользователе или его действиях), web-beacons (невидимые элементы на веб-странице или в email, используемые для скрытого отслеживания пользовательской активности) и device fingerprinting (технология сбора и анализа множества параметров устройства и браузера пользователя для создания его уникального «цифрового слепок»,

который может использоваться для идентификации и отслеживания даже при отключенных cookies и в режиме инкогнито).

Логи взаимодействия и телеметрия UX: инструменты, предназначенные для детального отслеживания механических действий пользователя в реальном времени, которые так же нужны для полного формирования статистики больших данных о пользователях.

Запросы разрешений (геолокация, контакты, доступ к приложениям). Еще один из способов данных, на которые пользователи дают свое согласие, что делает эти функции более прозрачными, однако основные процессы работы и результаты все еще скрыты от глаз. Именно запросы разрешений собирают наиболее персональную информацию, их главная опасность заключается в рисках кражи этих данных и передачи их третьим лицам.

Персонализация не может существовать без этих технологий, но при этом все они грубо нарушают приватность пользователей, GDPR/ССРА и приводят к утечке данных.

Хранилища и профили пользователей. Для грамотной работы персонализации собранные данные должны быть отсортированы и структурированы, чтобы юзеры получали персонализированный контент в соответствии с и предпочтениями и личностью [4].

DMP (Data Management Platform), CDP (Customer Data Platform), CRM: DMP работают в основном с анонимными cookie-данными для рекламного таргетинга. CDP – более современное решение, создающее единый, идентифицируемый профиль клиента на основе данных со всех каналов (онлайн/офлайн). CRM – исторически ядро для известных контактов, теперь часто интегрируется с CDP.

Статические и динамические профили: статические (пол, возраст, город) дополняются динамическими (текущая локация, настроение, жизненный этап), которые обновляются в реальном времени.

Сегментация и кластеризация: на основе профилей пользователи группируются в сегменты (по правилам) или кластеры (алгоритмами ML – machine learning) для точечных коммуникаций.

Основная проблема этих технологий заключается в потенциальной краже персональных данных, поэтому компаниям стоит усилить цифровую безопасность хранилищ данных.

Алгоритмы и модели нужны для превращения всех собранных и отсортированных данных в персонализированный контент.

Рекомендательные системы: collaborative filtering («смотрите то, что смотрели похожие на вас») и content-based filtering («смотрите то, что похоже на просмотренное вами»). Современные гибридные модели комбинируют эти подходы.

ML-модели предсказания поведения: предсказывают вероятность конверсии, оттока, стоимости жизненного цикла (LTV). На основе этих предсказаний распределяются маркетинговые усилия.

A/B/N-тестирование и decision engines: не все решения отдаются на откуп AI. Decision engines (движки принятия решений) управляют тем, какая версия интерфейса, контента или оффера показывается какому сегменту на основе результатов постоянного A/B-тестирования.

Все предыдущие этапы реализуются в интерфейсных компонентах персонализации:

UI-адаптация: динамические баннеры, порядок элементов, персонализированные сценарии onboarding, карточки товаров.

Контекстная персонализация: изменение интерфейса в зависимости от времени суток, типа устройства или местоположения.

Поскольку персонализация не может существовать без персональных пользователей, ее функционирование поднимает ряд важных этических вопросов от утечек данных до нарушения прав потребителей.

Нарушение приватности: персонализация и микротаргетинг собирают данные пользователей, зачастую без их согласия, а пользовательские соглашения фиктивны, поскольку намеренно используют тактики, направленные на введение потребителей в заблуждение. Пользователь редко понимает, на что он соглашается, и какие личные данные могут утечь в сеть [6].

Манипуляция поведением пользователя: персонализация и микротаргетинговые стратегии, которые направлены не на интересы пользователя, а на интересы компании могут манипулировать не только мировосприятием одного человека, но и целых групп, вплоть до политических. Крупные компании и социальные сети проводят неэтичные эксперименты над своими пользователями (в частности Meta^{*1}, которая намеренно влияла на ментальное состояние своих пользователей, манипулируя их лентой рекомендаций) [1, 5].

Социальный разрыв и дискриминация: алгоритмы обучаются на цифровых данных реальных пользователей, что, при недостаточной фильтрации персонализированного контента, может привести к увеличению негативного и провоцирующего конфликта в лентах рекомендаций пользователя, обостряя неустойчивые и конфликтные ситуации в мире и медиа.

Доверие и прозрачность: персонализация строится на схемах, использующих принцип «черного ящика», что может отталкивать и пугать пользователей [1].

Компании должны стремиться к интерфейсам, которые могут кратко и понятно объяснить принцип работы и техническим решениям, защищающим данные пользователей.

Существование такой экосистемы как персонализация и микротаргетинг неизбежно привело к правовым рамкам, ограничивающим полномочия компаний и регулирующим их деятельность по отношению к пользователям. GDPR (ЕС) и CCPA (Калифорния) установили новые стандарты: принцип минимизации используемых данных, явное согласие, право на удаление, прозрачность логики автоматизированных решений. Регуляторы начинают ограничивать особенно манипулятивный таргетинг (например, на детей или в политике). Этические кодексы для UX-дизайнеров и дата-сайентистов становятся необходимостью.

Помочь с разрешением этих этических вопросов может ряд технических и дизайнерских решений.

Объяснимые интерфейсы: пользователи должны понимать, как работают цифровые системы, с которыми они взаимодействуют каждый день – от cookies до пользовательских соглашений, которые должны быть просты и понятны, а опции персонализации иметь краткие пояснения о принципах своей работы.

Контроль персонализации: пользователь должен иметь возможность минимизировать персонализацию и, соответственно, передачу своих данных сервисам без угрозы неполноценной работы сервиса.

Безопасность хранения: личные данные пользователей должны быть защищены и не передаваться третьим лицам.

¹ Организация, действия которой запрещены на территории Российской Федерации.

Отказ от техник, которые собирают информацию даже без согласия пользователей.

Персонализация и микротаргетинг это не только технологии, которые делают жизнь современного человека проще и легче, но огромный риск самому существованию приватности и согласия.

Необходимо найти баланс между работой систем персонализации и правовыми нормами, потому что этические аспекты персонализации и микротаргетинга – это не второстепенный элемент цифрового дизайна, а необходимое условие устойчивого и справедливого развития цифровых технологий.

Только сочетание технологической инновации с гуманистическими принципами способно обеспечить доверие, безопасность и подлинную свободу пользователя в цифровую эпоху.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент передачи статьи в редакционную коллегию у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. О'Нил К. Убийственные алгоритмы: как Big Data увеличивает неравенство и угрожает демократии. – М.: АСТ, 2018. – 352 с. – ISBN 978-5-17-112595-5. (O'Neil C. Weapons of Math Destruction) // (дата обращения 19.12.2025). – Текст: электронный.
2. Иванов А. В., Петрова С. К. Этические дилеммы алгоритмической персонализации в социальных медиа // Вестник Московского университета. Серия 10: Журналистика. – 2022. – № 3. – С. 45–67. – DOI: 10.30547/vestnik.journ.3.2022.4567. // (дата обращения 19.12.2025). – Текст: электронный.
3. Кузнецов Д. А. Микротаргетинг в политических кампаниях: технологические возможности и угрозы демократии // Политическая наука. – 2021. – № 4. – С. 78–99. – DOI: 10.31249/poln/2021.04.05. // (дата обращения 18.12.2025). – Текст: электронный.
4. Смирнова О. М. Приватность в эпоху Big Data: правовые и этические аспекты сбора пользовательских данных // Информационное право. – 2020. – № 2. – С. 23–30. // (дата обращения 18.12.2025). – Текст: электронный.
5. Федоров Р. Ю. Алгоритмическая дискриминация: природа, формы проявления и пути минимизации // Социологические исследования. – 2023. – № 1. – С. 120–130. – DOI: 10.31857/S013216250022456-2. // (дата обращения 18.12.2025). – Текст: электронный.
6. Яковлева Е. Н. Dark Patterns как манипулятивный инструмент в цифровых интерфейсах // Человек и компьютер: взаимодействие. – 2022. – № 5. – С. 89–102. // (дата обращения 18.12.2025). – Текст: электронный.

Ethical and technical aspects of personalization and microtargeting in interfaces

Ekaterina Alexandrovna Lopatkina ^{1*}, Al-Nami Basher Ali ²

*Federal State Budget-Financed Educational Institution of Higher Education The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications,
St Petersburg, Russia*

^{1*} lopatkinaekaterina18@gmail.com, ² alnomibasheer@gmail.com

Abstract

Modern media spaces cannot exist without personalization and microtargeting, however, along with convenience, these technologies pose a threat to user privacy. This article is devoted to the study of the ethical and technical aspects of personalization and microtargeting, the principles of personalization and the solution of ethical and legal problems that they create.

Keywords: personalization, microtargeting, privacy, personal data, big data.

ФИЗИКА, МЕХАНИКА, ХИМИЯ

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_34

Научная статья

УДК 537.218, 531.51

ГРНТИ 29.05.33, 29.05.41

ВАК 1.3.3

Парадоксы энергии электростатического и гравитационного полей

Игорь Павлович Попов

ФГБУ ВО «Курганский государственный университет»,

Курган, Россия

ip.popow@yandex.ru

Аннотация

Установлено, что электростатическое взаимодействие одноименных электрических зарядов не является парадоксальным. Электростатическое взаимодействие разноименных электрических зарядов является парадоксальным. Этот парадокс устранен. Гравитационное взаимодействие является неустранимо парадоксальным.

Ключевые слова: заряд, сфера, масса, тело, поле, энергия, работа, взаимодействие.

Введение

Потенциальная энергия электростатического взаимодействия двух одинаково и ОДНОИМЕННО заряженных сфер равна

$$U_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{q^2}{r}, \quad (1)$$

где ϵ_0 – постоянная электрическая, ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость, q – электрический заряд, r – расстояние между центрами сфер.

Потенциальная энергия разноименно заряженных сфер равна

$$U_2 = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{q^2}{r}. \quad (2)$$

Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия двух одинаковых массивных круглых тел равна

$$U_3 = -\gamma \frac{m^2}{r}, \quad (3)$$

где γ – гравитационная постоянная, m – масса.

Представленные величины существенно характеризуют электростатическое и гравитационное поля. Эти величины естественным образом являются математически изоморфными.

Последнее замечание не распространяется на знаки величин, которые в любом случае имеют принципиальное значение.

Дальнейшее рассмотрение, так или иначе, связано со знаками энергий и имеет своей целью обнаружение связанных с ними (знаками) проблем энергии полей и их решения.

Постановка задачи

Не существует отрицательной массы [1-3], и скорость света – величина не комплексная. В этой связи энергия в соответствии со знаменитой формулой Пуанкаре

$$E = mc^2 \quad (4)$$

(E – энергия, c – скорость света) в принципе не может быть отрицательной, чего не скажешь о (2) и (3). Отрицательной может быть лишь разность энергий, но не сама энергия. Однако величины (2) и (3) не являются разностями энергий.²

В этом состоит ПЕРВЫЙ парадокс соответствующих полевых взаимодействий.

Но парадокс устранимый. Правильный выбор постоянных интегрирования этот парадокс устраняет [4, 5].

Задача исследования заключается:

- в установлении соотношений между потенциальной энергией взаимодействия, энергией поля и работой им совершаемой;
- в анализе энергетического баланса;
- в устранении выявляемых противоречий.

Метод

(на примере одноименных зарядов)

Плотность энергии электростатического поля равна

$$w = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon}{2} \mathbf{E}^2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon}{2} \left(\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon r^2} \right)^2 = \frac{q^2}{32\pi^2 \varepsilon_0 \varepsilon r^4}, \quad (5)$$

где $\mathbf{E}$ – напряженность электрического поля.

Энергия поля заряженной сферы радиуса a равна

$$W = \int_V w dV = \frac{q^2}{32\pi^2 \varepsilon_0 \varepsilon} \int_a^\infty \frac{4\pi r^2}{r^4} dr = \frac{q^2}{8\pi\varepsilon_0 \varepsilon} \int_a^\infty \frac{dr}{r^2} = \frac{q^2}{8\pi\varepsilon_0 \varepsilon a}, \quad (6)$$

где dV – элемент объема.

Энергия поля двух одинаковых заряженных сфер при бесконечно большом расстоянии между ними равна

$$W_\infty = 2W = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon a}. \quad (7)$$

Энергия поля двух одинаково и одноименно заряженных сфер при нулевом расстоянии между их центрами равна

² Энергия – это материальный ресурс (который стоит денег). Подобный другим материальным ресурсам, например, дровам. Минимальное количество дров в реальном мире (а не в бухгалтерских балансах) – 0 м³. Меньше (отрицательной величины) быть не может. Буквально так же, как не может быть отрицательных дров, не может быть и отрицательной энергии. Математиков, бухгалтеров и юристов отрицательные дрова не смутят (как и полтора землекопа). Физиков должны бы смутить.

$$W_0 = \frac{(2q)^2}{8\pi\epsilon_0\epsilon a} = \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0\epsilon a}. \quad (8)$$

$$W_0 = 2W_\infty. \quad (9)$$

При совершении полем работы A (при удалении зарядов) его энергия уменьшается

$$A_{0\infty} = W_0 - W_\infty = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon a} = W_\infty. \quad (10)$$

В [5] показано, что потенциальная энергия электростатического взаимодействия двух одинаково и одноименно заряженных сфер при нулевом расстоянии между их центрами равна

$$U_0 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon a}. \quad (11)$$

При этом

$$U_0 = W_0 - W_\infty = A_{0\infty}. \quad (12)$$

Соотношения между потенциальной энергией взаимодействия U , энергией поля W и работой A не противоречат здравому смыслу и закону сохранения энергии. Другими словами, электростатическое взаимодействие одноименных электрических зарядов [6] не является парадоксальным.

Полевое взаимодействие разноименных зарядов

Энергия поля двух одинаковых разноименно заряженных сфер при бесконечно большом расстоянии между ними совпадает с (7).

Энергия поля этих же сфер при нулевом расстоянии между их центрами равна нулю.

При совершении полем работы (при сближении зарядов) его энергия уменьшается

$$A_{\infty 0} = W_\infty - W_0 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon a} = W_\infty. \quad (13)$$

В [5] показано, что потенциальная энергия электростатического взаимодействия двух одинаковых разноименно заряженных сфер при бесконечно большом расстоянии между ними равна

$$U_\infty = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon a}. \quad (14)$$

При этом

$$U_\infty = W_\infty - W_0 = A_{\infty 0}. \quad (15)$$

Соотношения между потенциальной энергией взаимодействия U , энергией поля W и работой A не противоречат здравому смыслу и закону сохранения энергии.

Остается парадокс, связанный с отрицательной энергией (2).

Н.В. Он возник из-за того, что постоянная интегрирования при вычислении энергии волюнтаристски, бездоказательно и ошибочно принята равной нулю. В результате потенциальная энергия взаимодействия зарядов (хрестоматийная) при бесконечно большом расстоянии между ними стала равна нулю. В то время как в действительности она максимальна и равна (14). Ведь именно в этом положении работа (15), которую потенциально может совершить поле, является максимальной.

В [5] показано, что потенциальная энергия электростатического взаимодействия двух разноименно заряженных сфер равна

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{q_{1\pm}q_{2\mp}}{a_2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{q_{1\pm}q_{2\mp}}{r}, \quad r \geq a_1 + a_2, \quad a_2 \geq a_1. \quad (16)$$

При любых обстоятельствах $U \geq 0$.

Применительно к одинаковым сферам и равновеликим зарядам постоянная интегрирования совпадает с (14).

Парадокс отрицательной энергии устранен.

Гравитационное взаимодействие

Пусть два одинаковых существенно массивных неподвижных тела удерживаются на значительном расстоянии друг от друга, таком, что потенциальная энергия их взаимодействия пренебрежимо мала. В какой-то момент телам предоставляется свобода, и они очень медленно устремляются друг к другу. По мере сближения сила притяжения между ними возрастает, возрастает их ускорение и скорость. В конце пути их кинетическая энергия уже не является пренебрежимо малой, что недвусмысленно подтверждается деформацией тел при столкновении.

Из этого простого эксперимента следует, что в процессе сближения тела приобрели энергию, которой они не обладали до этого процесса [7].

В этой связи должно возникнуть недоумение – откуда же взялась существенная кинетическая энергия сближающихся тел, если изначально никакой энергии, по существу, не было?

В этом состоит ВТОРОЙ парадокс гравитационного взаимодействия (ПЕРВЫЙ – отрицательная энергия (3)).

Происхождение кинетической энергии. вариант первый (хрестоматийный)

На бесконечном удалении друг от друга двух массивных одинаковых круглых тел радиуса a потенциальная энергия их взаимодействия U_∞ равна нулю. При соприкосновении тел она равна

$$U_{a+a} = -\gamma \frac{mm}{a+a} = -0,5 \frac{\gamma m^2}{a}. \quad (17)$$

Кинетическая энергия при соприкосновении тел равна

$$K = 0,5 \frac{\gamma m^2}{a}. \quad (18)$$

Энергетический баланс

$$K = U_\infty - U_{a+a} = 0 - \left(-0,5 \frac{\gamma m^2}{a} \right) = 0,5 \frac{\gamma m^2}{a}. \quad (19)$$

Математиков в этом выражении ничто не смутит.

У физиков должен бы возникнуть дискомфорт в связи с тем, что положительная энергия, преобразованная в положительную же работу, извлечена из НИЧЕГО (из нуля)

Происхождение кинетической энергии. Вариант второй

В соответствии с [4] на бесконечном удалении друг от друга двух массивных одинаковых круглых тел радиуса a потенциальная энергия их взаимодействия U_∞ равна

$$U_\infty = 1,2 \frac{\gamma m^2}{a}. \quad (20)$$

При соприкосновении тел она равна

$$U_{a+a} = 0,7 \frac{\gamma m^2}{a}. \quad (21)$$

Кинетическая энергия (энергетический баланс)

$$K = U_\infty - U_{a+a} = 1,2 \frac{\gamma m^2}{a} - 0,7 \frac{\gamma m^2}{a} = 0,5 \frac{\gamma m^2}{a} \quad (22)$$

(ср. с (19)).

В этом варианте нет никакой мистики, и энергия из НИЧЕГО не возникает.

Парадокс,

связанный с отрицательной энергией (3), имеет абсолютно ту же причину, что и в случае разноименно заряженных сфер (2) (см. N.B.).

В [4] показано, что потенциальная энергия гравитационного взаимодействия двух круглых массивных тел равна

$$U = \frac{\gamma m_1 m_2}{a_2} \left(1,5 - 0,3 \frac{a_1^2}{a_2^2} \right) - \frac{\gamma m_1 m_2}{r}, \quad r \geq a_1 + a_2, \quad a_2 \geq a_1. \quad (23)$$

При любых обстоятельствах $U \geq 0$.

Парадокс отрицательной энергии устранен.

Но это еще не все

Плотность энергии гравитационного поля вне тела радиуса a равна

$$w_2 = \frac{k}{2\gamma} g^2 = \frac{k}{2\gamma} \left(\gamma \frac{m}{r^2} \right)^2 = \frac{k\gamma m^2}{2r^4}. \quad (24)$$

Здесь k – безразмерный коэффициент, величина которого для целей настоящей работы не имеет никакого значения, g – напряженность гравитационного поля.

Энергия поля вне тела равна

$$W_2 = \int_V w_2 dV = \frac{k\gamma m^2}{2} \int_a^\infty \frac{4\pi r^2}{r^4} dr = 2\pi k\gamma m^2 \int_a^\infty \frac{dr}{r^2} = \frac{2\pi k\gamma m^2}{a}. \quad (25)$$

Плотность энергии внутри тела равна

$$w_1 = \frac{k\gamma}{2r^4} \left(m \frac{r^3}{a^3} \right)^2 = \frac{k\gamma m^2 r^2}{2a^6}. \quad (26)$$

Энергия поля внутри тела равна

$$W_1 = \int_V w_1 dV = \frac{k\gamma m^2}{2a^6} \int_0^a r^2 4\pi r^2 dr = \frac{2\pi k\gamma m^2}{a^6} \int_0^a r^4 dr = \frac{2}{5} \frac{\pi k\gamma m^2}{a}. \quad (27)$$

Полная энергии гравитационного поля одного тела равна

$$W = W_1 + W_2 = 2,4 \frac{\pi k\gamma m^2}{a}. \quad (28)$$

Энергия поля двух одинаковых массивных круглых тел при бесконечно большом расстоянии между ними равна

$$W_{\infty} = 2W = 4,8 \frac{\pi k \gamma m^2}{a}. \quad (29)$$

Энергия поля этих двух тел при нулевом расстоянии между их центрами равна

$$W_0 = 2,4 \frac{\pi k \gamma (2m)^2}{a} = 9,6 \frac{\pi k \gamma m^2}{a}. \quad (30)$$

При совершении полем работы (при сближении тел из бесконечности до нуля) его энергия ДОЛЖНА УМЕНЬШАТЬСЯ.

А она УВЕЛИЧИВАЕТСЯ. Вдвое. Это ТРЕТИЙ парадокс гравитационного взаимодействия. И этот парадокс неустраним.

Обсуждение

Одноименные магнитные заряды $d\mu = Idl$ [8, 9], как и гравитационные, тоже притягиваются. Но там парадокс подобный третьему (увеличения энергии поля при совершении им положительной работы) не возникает из-за спасительного действия электромагнитной индукции, за счет которой магнитные заряды, а, следовательно, и энергия их поля уменьшаются.

Излишне говорить, что подобного механизма у гравитации нет.

Отрицательная энергия, разумеется, без внимания не оставалась [10]. Но практически всегда ее отрицательный знак принимался как вынужденный формализм.

Считалось, что за счет отрицательной энергии можно устранить неустранимый третий парадокс гравитационного взаимодействия.

Но, неустранимый парадокс, он потому и неустранимый, что устранить его нельзя. Ведь энергия отрицательной быть не может. И кинетическая энергия при столкновении тел из НИЧЕГО (нуля) возникнуть не может (второй парадокс).

Другими словами, попытка за счет отрицательной энергии разрешить третий парадокс необходимо порождает второй парадокс.

В настоящее время публикаций, посвященных разрешению третьего+второго парадокса, не выявлено.

Заключение

Электростатическое взаимодействие одноименных электрических зарядов НЕ ЯВЛЯЕТСЯ парадоксальным.

Электростатическое взаимодействие разноименных электрических зарядов ЯВЛЯЕТСЯ парадоксальным. Формула (16) этот парадокс устраняет.

Гравитационное взаимодействие является неустранимо парадоксальным.

Этот парадокс (третий+второй), как и большинство парадоксов, может оказаться продуктивным.

Последующие исследования планируется посвятить его разрешению, которое может пополнить сведения о природе гравитации.

Конфликт интересов

Автор статьи заявляет, что на момент подачи статьи в редакцию, у него нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников

1. Шацкий А.А., Новиков И.Д., Кардашев Н.С. Задача Кеплера и столкновения для тел с отрицательными массами // Успехи физических наук. 2011. Т. 181, № 4. С. 399-403.
2. Бобровницкий Ю.И. Отрицательные масса и упругость // Акустический журнал. 2012. Т. 58, № 1. С. 36.
3. Белоглазова С.Ю. Черный ящик с пульсирующим дефектом массы // Молодёжный вестник НФ БГТУ. 2026. Том 06. № 02 (22). С. 80-85. DOI: 10.51639/2713-0576_2026_6_2_80
4. Popov I.P. Full Account of the Energy of the Gravitational Field in Cosmology and Spacecraft Ballistics // Technical Physics. 2024. Vol. 69, No. 1. P. 53–56. DOI: 10.1134/S1063784224700300
5. Попов И.П. Расчет полной энергии электростатического поля // Труды Крыловского государственного научного центра. 2020. Т. 2, № 392. С. 107–114. DOI: 10.24937/2542-2324-2020-2-392-107-114
6. Павлов В.Д. Вариативность релятивистской скорости сближения объектов на основе данных Большого адронного коллайдера // Вестник НФ БГТУ: мехмат. 2024. Том 4, № 3 (15). С. 4–11. DOI: 10.51639/2713-0657_2024_4_3_4
7. Попов И.П. О взаимодействии пространства-времени с материальными объектами // Инженерная физика. 2024. № 10. С. 45–51. DOI: 10.25791/infizik.10.2024.1432
8. Попов И.П. A formalized method for finding real magnetic monopole and charge // Молодёжный вестник НФ БГТУ. 2025. Том 05. № 04 (20). С. 31-34. DOI: 10.51639/2713-0576_2025_5_4_31
9. Popov I.P. Theoretical and experimental discovery of the magnetic monopole and magnetic charge // Physics of Complex Systems. 2025. Vol. 6, No. 2. P. 110–115. DOI: 10.33910/2687-153X-2025-6-2-110-115 EDN WCYYUP
10. Гриб А.А., Павлов Ю.В. Может ли энергия частиц быть отрицательной при отсутствии внешних полей? // Теоретическая и математическая физика. 2023. Т. 216, № 3. С. 504-518. DOI: 10.4213/tmf10453

Paradoxes of electrostatic and gravitational field energy

Igor Pavlovich Popov
Kurgan State University,
Kurgan, Russia
ip.popow@yandex.ru

Abstract

It has been established that the electrostatic interaction of like electric charges is not paradoxical. The electrostatic interaction of unlike electric charges is paradoxical. This paradox has been resolved. Gravitational interaction is irreducibly paradoxical.

Keywords: charge, sphere, mass, body, field, energy, work, interaction.

ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_41

Научная статья

УДК 621.311-52

ГРНТИ 44.29.31

ВАК 2.4.2

Автоматизация учёта электроэнергии на основе микросервисной архитектуры и методов компьютерного зрения

Иван Григорьевич Григорьян, Юлия Борисовна Щемелева ^{*}
Филиал Южного федерального университета в г.Геленджике,
Геленджик, Россия
^{*} Da-yula@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматривается проблема автоматизации сбора показаний приборов учёта электроэнергии. Предлагается комплексная система, объединяющая мобильное приложение, серверную часть на микросервисной архитектуре и модуль компьютерного зрения на основе YOLOv26s и PaddleOCR. Описывается механизм выявления проблемных случаев для формирования очереди дообучения. Приводятся результаты экспериментальной оценки точности системы.

Ключевые слова: компьютерное зрение, микросервисная архитектура, автоматизация учёта электроэнергии, дообучение нейросетей

В сфере жилищно-коммунального хозяйства остро стоит проблема достоверности и оперативности сбора показаний приборов учёта электроэнергии [1, 2]. Существующая практика ручного ввода данных сопряжена с тремя основными недостатками: высоким риском ошибок при переписывании и вводе цифр, значительными временными затратами персонала управляющих компаний, а также возможностью сознательной фальсификации показаний потребителями.

Массовое распространение мобильных устройств с высококачественными камерами создаёт техническую предпосылку для автоматизации этого процесса [3 - 5]. Потребитель или контролёр может сделать фотографию счётчика, после чего система автоматически извлечёт показания и серийный номер. Однако на пути реализации такого подхода существуют серьёзные препятствия. Реальные фотографии счётчиков часто содержат блики от защитного стекла, размытие из-за дрожания камеры, неравномерное освещение, частичное перекрытие цифр рамкой, а также большое разнообразие типов приборов с различным расположением дисплея и серийного номера [6, 7].

Таким образом, актуальной научно-практической задачей является создание системы, способной надёжно распознавать показания счётчиков в разнообразных условиях съёмки, а также непрерывно улучшать свои характеристики по мере накопления реальных данных.

Целью данной работы является разработка и экспериментальное подтверждение работоспособности комплексной системы автоматического считывания показаний

счётчиков электроэнергии, построенной на принципах микросервисной архитектуры и использующей современные методы компьютерного зрения.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующих методов детекции объектов и оптического распознавания символов, обосновать выбор конкретных моделей (YOLO, PaddleOCR) для применения в задаче распознавания счётчиков.

2. Спроектировать архитектуру системы, обеспечивающую разделение ответственности между мобильным клиентом, серверной частью и модулем машинного обучения.

3. Реализовать конвейер обработки изображений, включающий детекцию областей интереса, предобработку фрагментов и распознавание числовых данных.

4. Разработать механизм автоматического выявления случаев низкого качества распознавания и формирования очереди для дообучения моделей.

5. Провести ручную разметку обучающей выборки и экспериментальную оценку точности разработанной системы.

Разработанная система построена по клиент-серверной схеме. Мобильное приложение на платформе Flutter обеспечивает три основные функции: выбор или съёмку фотографии счётчика, отображение результатов распознавания в удобной форме, а также работу с очередью дообучения. Все вычислительно ёмкие задачи вынесены на сервер, что обусловлено ограниченными ресурсами мобильных устройств и необходимостью централизованного управления версиями моделей.

Серверная часть реализована на асинхронном веб-фреймворке FastAPI. Выбор этого инструмента обусловлен высокой производительностью, встроенной поддержкой асинхронных операций и автоматической генерацией OpenAPI-документации. В качестве базы данных используется SQLite — встраиваемая реляционная СУБД, не требующая отдельного серверного процесса и достаточная для нагрузки учебного проекта. Загружаемые изображения сохраняются на файловой системе, а в базе данных хранятся извлечённые показания, серийный номер, тип счётчика и временная метка.

Центральный компонент системы — модуль компьютерного зрения, реализующий последовательную детекцию и распознавание. На первом этапе изображение обрабатывается нейросетевой моделью YOLOv26s. Выбор данной версии обусловлен балансом между точностью и вычислительными затратами. Модель обучена локализовывать на изображении четыре класса объектов: корпус счётчика, дисплей с показаниями, область серийного номера и пломбы. Архитектура YOLOv26s включает CSP-блоки для извлечения признаков и механизм PANet для агрегации признаков разного масштаба, что позволяет эффективно обнаруживать как крупные, так и мелкие объекты.

После локализации областей интереса из изображения вырезаются фрагменты, содержащие дисплей и серийный номер. Каждый фрагмент подвергается предобработке: масштабирование до фиксированной высоты 48 пикселей с сохранением пропорций, адаптивная нормализация яркости и бинаризация по методу Оцу.

Обработанный фрагмент передаётся в систему оптического распознавания символов PaddleOCR, которая реализует многофазный подход: определяет текстовые области, корректирует ориентацию и производит распознавание. Дополнительно проверяется соответствие распознанного серийного номера формату, заданному регулярным выражением для известных типов счётчиков.

Если хотя бы одна из этих метрик не достигает порогового значения (уверенность OCR ниже 0,7, дисперсия Лапласиана ниже 100 и т.д.), запись вместе с исходным

изображением и указанием причины автоматически помещается в очередь дообучения. Оператор через мобильное приложение (рисунок 1) может подтвердить корректность распознавания (тогда запись используется как положительный пример) или отправить изображение на ручную разметку с исправлением ошибочных значений.

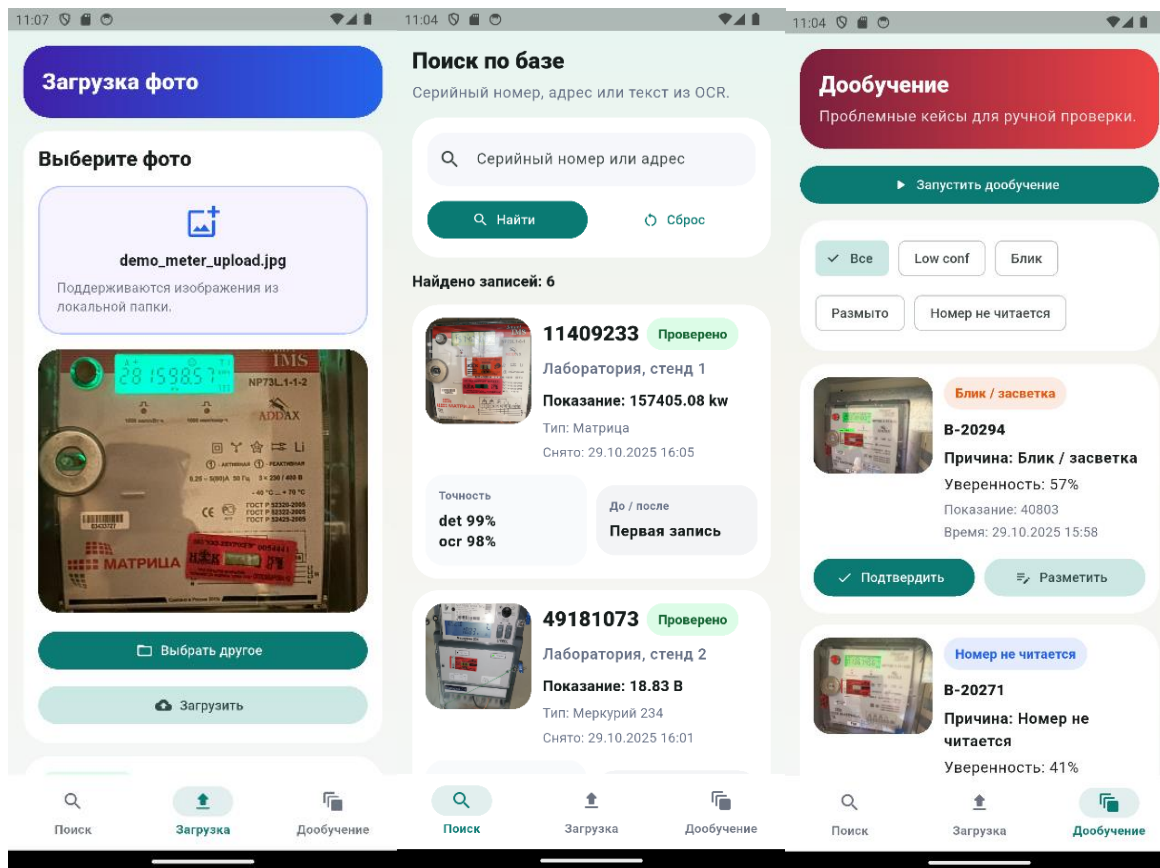


Рисунок 1 – Интерфейс приложения

Для обучения моделей была вручную размечена выборка из 50 изображений счётчиков двух типов — «Матрица» и «Квант». Разметка выполнялась в формате YOLO с указанием ограничивающих прямоугольников для всех четырёх классов.

Тестирование проводилось на отдельной выборке из 30 изображений, не участвовавших в процессе обучения. Оценка качества детекции производилась с помощью метрики mAP (mean Average Precision) при пороговом значении IoU = 0,5. Полученное значение mAP составило 0,98, что свидетельствует о высокой точности локализации всех классов объектов.

Оценка качества распознавания показаний проводилась подсчётом доли изображений, для которых распознанная строка полностью совпала с эталонным значением. Точность составила 94,3 %. Для серийного номера аналогичный показатель достиг 91,7 %. Все случаи, где распознавание оказалось ошибочным или неуверенным, были автоматически зафиксированы в очереди дообучения, что подтвердило работоспособность предложенного механизма.

В результате выполнения работы были получены следующие основные результаты:

1. Спроектирована и реализована комплексная система автоматического считывания показаний счётчиков электроэнергии, объединяющая мобильное приложение на Flutter, серверную часть на FastAPI с базой данных SQLite и модуль компьютерного зрения.

2. Предложен и апробирован конвейер обработки изображений, использующий YOLOv26s для детекции областей интереса и PaddleOCR для распознавания числовых данных. Достигнута высокая точность детекции ($mAP = 0,98$) и распознавания показаний (94,3 %).

3. Разработан механизм автоматического выявления проблемных случаев на основе набора критериев (уверенность моделей, наличие бликов, резкость, корректность формата серийного номера), позволяющий формировать очередь для дообучения без ручного перебора всей истории обработки.

4. Экспериментально подтверждена работоспособность системы на реальных изображениях счётчиков различных производителей.

Дальнейшее развитие системы предполагает расширение поддерживаемых типов счётчиков, интеграцию с облачными решениями для масштабирования и реализацию полностью автоматического цикла дообучения.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент подачи статьи в редакцию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников

1. Унижаев Н.В. Особенности внедрения нейросетей и систем искусственного интеллекта на предприятиях электроэнергетики // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т.13. №1. С.215-232.
2. Заднепровский, Р. А. О разработке интеллектуальных систем управления энергопотреблением / Р. А. Заднепровский, Ю. Б. Щемелева, С. К. Давыдов // Исследования и творческие проекты для развития и освоения проблемных и прибрежно-шельфовых зон юга России : сборник трудов XVI Всероссийской Черноморской школы-семинара молодых ученых, аспирантов, студентов и школьников, Геленджик, 21–23 мая 2025 года. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Южный федеральный университет, 2025. – С. 228-231. – EDN ATLSFW.
3. Щемелева, Ю. Б. Проблема компьютерного зрения в прикладных задачах энергетики / Ю. Б. Щемелева // Инженерно-техническое образование и наука: Сборник трудов V международной научно-практической конференции, Новороссийск, 15–18 апреля 2025 года. – Новороссийск: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 118-119. – EDN CQWDYT.
4. Григорьян, И. Г. Решение прикладных задач электроэнергетики на основе применения нейросетей / И. Г. Григорьян, И. А. Тришкин, Ю. Б. Щемелева // Исследования и творческие проекты для развития и освоения проблемных и прибрежно-шельфовых зон юга России : сборник трудов XVI Всероссийской Черноморской школы-семинара молодых ученых, аспирантов, студентов и школьников, Геленджик, 21–23 мая 2025 года. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Южный федеральный университет, 2025. – С. 196-200. – EDN MSPQIB.

5. Григорьян, И. Г. Автоматизация съёма показаний приборов учёта электроэнергии с использованием нейронных сетей / И. Г. Григорьян, Ю. Б. Щемелева, А. Н. Щемелев // Перспективы автоматизации. Рациональное управление. Связь и акустика: Сборник трудов XIV Всероссийской научной конференции, Геленджик, 29 октября – 01 ноября 2025 года. – Геленджик: Южный федеральный университет, 2025. – С. 212-217. – EDN YWTGPF.
6. Применение интеллектуальных алгоритмов SQL-анализа в системах учёта электроэнергии / Ю. Б. Щемелева, А. Н. Щемелев, И. В. Ладыко, С. К. Давыдов // Промышленная энергетика. – 2025. – № 10. – С. 26-34. – DOI 10.71759/vfem-hr70. – EDN ОСНАНС.
7. Щемелева, Ю. Б. Качество данных как фактор успешности внедрения технологий искусственного интеллекта в электроэнергетике / Ю. Б. Щемелева // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2025. – № 1(369). – С. 228-233. – DOI 10.33979/2073-7408-2025-369-1-228-233. – EDN QYFRTQ.

Automation of Electricity Metering Based on Microservice Architecture and Computer Vision Methods

Ivan Grigorievich Grigoryan, Yulia Borisovna Shchemeleva *

Branch of Southern Federal University in Gelendzhik,

Gelendzhik, Russia

* Da-yula@yandex.ru

Abstract

The article addresses the problem of automating the collection of readings from electricity metering devices. A comprehensive system is proposed that combines a mobile application, a server-side component based on a microservice architecture, and a computer vision module leveraging YOLOv26s and PaddleOCR. A mechanism for identifying problematic cases to form a queue for retraining is described. The results of an experimental evaluation of the system's accuracy are presented.

Keywords: computer vision, microservice architecture, electricity metering automation, neural network retraining.

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_46

Научная статья

УДК 622.278; 662.74

ГРНТИ 61.53.19; 61.53.99

ВАК 2.1.12

Подземная газификация угля в реалиях сегодняшнего времени

Наталия Ивановна Гулейчук, Ольга Дмитриевна Павличева *

ГБУ «ДОНГИПРОШАХТ»,

г. Донецк, Россия

* opavlicheva@inbox.ru

Аннотация

В статье рассматриваются перспективы применения технологии подземной газификации угля в России и мире как альтернативного источника энергии, на фоне ограниченного запаса нефти и газа и резкого повышения цен мирового рынка на них. Приведены технико-экономические показатели инвестиционного проекта Института угля и углехимии СО РАН, на основе которых сделаны выводы о рентабельности запуска пилотных проектов и возможной стоимости строительства. Особое внимание уделяется международному опыту применения подземной газификации угля и использованию производных продуктов.

Ключевые слова: угольное месторождение, подземная газификация, подземный газогенератор, синтез-газ, продукты подземной газификации угля.

Постановка проблемы

Долгое время экспорт, в том числе в западные страны, являлся стержнем развития угольной отрасли России. Однако, текущая геополитическая ситуация и санкции привели к полному прекращению этих поставок. Параллельно, переориентация экспортных потоков на восточное направление существенно ограничивает экспортный потенциал угледобывающих предприятий. Дополнительным фактором является глобальное обязательство по снижению выбросов CO₂, налагаемое Парижским соглашением по климату, которое распространяется и на Россию [1]. Совокупность этих обстоятельств диктует необходимость переориентации угольной отрасли на внутренний рынок. Без такой трансформации, отрасль в ее нынешнем виде будет крайне уязвима в современных экономических условиях. При анализе внутреннего спроса, следует акцентировать внимание на регионах, где уголь может служить ресурсной базой энерго- и теплоснабжения, особенно в условиях низкой транспортной доступности. Такой подход позволит минимизировать затраты на газификацию территорий и доставку топлива, если газ будет получен из местных углей. Существуют веские основания полагать, что будущее угольной промышленности принадлежит глубокой переработке угля с целью создания продукции с высокой добавленной стоимостью путем подземной газификации. Подземная газификация может стать решением ряда сопутствующих проблем, включая снижение негативного воздействия на окружающую среду при добыче угля и уменьшение затрат на логистику конечной продукции.

Основные результаты исследования

Подземная газификация угля осуществляется в несколько этапов. Сначала производится бурение скважин различной ориентации (вертикальных, горизонтальных, наклонных) для обеспечения подачи воздуха и отвода получаемого газа. Далее, в угольном пласте между пробуренными скважинами формируются каналы. Именно в этих каналах происходит взаимодействие угля с подаваемым воздухом и газом, что приводит к началу процесса газификации. В результате, через одни скважины осуществляется подача воздуха, а через другие – отвод высокотемпературного синтез-газа.

Общая схема подземной газификации проиллюстрирована на рисунке 1.

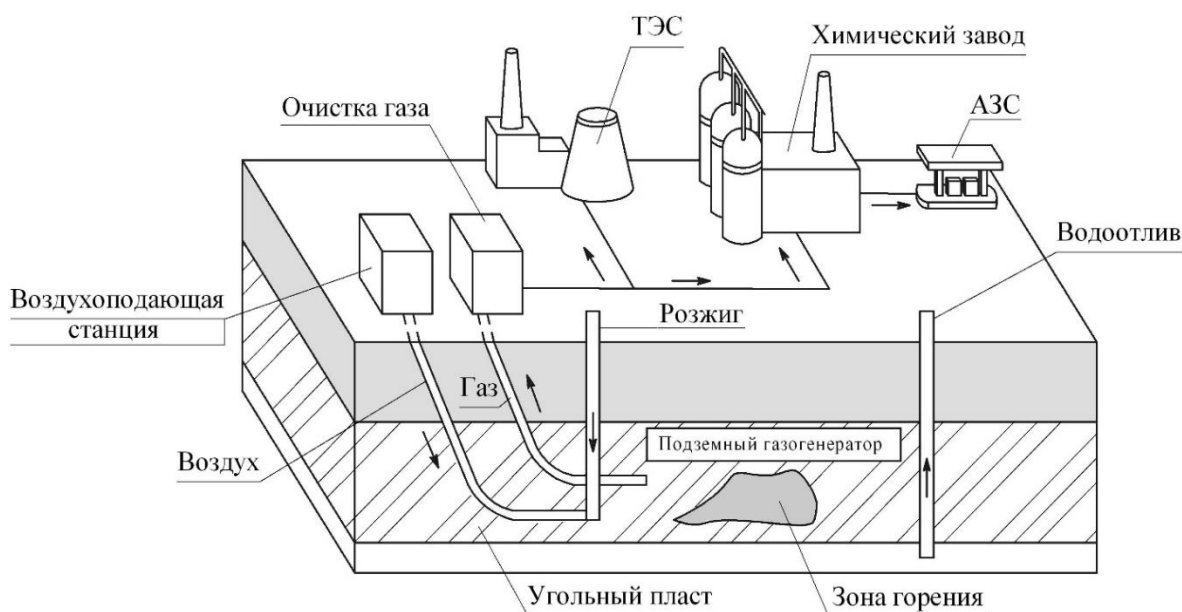


Рисунок 1 – Схема добычи и переработки газа при использовании метода подземной газификации угля

Подземная газификация угля (ПГУ) предлагает инновационный подход к разработке труднодоступных угольных месторождений. Эта технология интегрирует добычу, обогащение и переработку угля в единый процесс. Вместо извлечения угля для последующей обработки, ПГУ производит готовый горючий газ непосредственно в угольном пласте. Это делает уголь лишь промежуточным звеном, тогда как газ является конечным продуктом, готовым к использованию. Кроме того, ПГУ обладает экологическими преимуществами: она не требует нарушения земной поверхности, а получаемый газ является более экологичным по сравнению с углем.

Сегодня ситуация складывается таким образом, что в России обсуждается возможность запуска пилотных проектов по строительству станций ПГУ в таких регионах, как Магаданская область (Ланковское угольное месторождение), Хабаровский и Приморский края (Ургальское и Шкотовское угольные месторождения), Донбасс и Кузбасс. Особые надежды на внедрение технологии ПГУ возлагаются на Кузнецкий бассейн, где уже имеется практический опыт ее применения и сильная поддержка со стороны регионального руководства. Текущий топливный баланс Кемеровской области

характеризуется доминированием угля (82-85 % местного, 2-3 % привозного) и незначительной долей газа из Тюмени (около 10 %). Это приводит к серьезным экологическим проблемам, связанным с загрязнением окружающей среды из-за интенсивного сжигания твердого топлива на теплоэлектростанциях и в котельных. В связи с этим, технология ПГУ рассматривается как частичная альтернатива твердому топливу путем его замены на газообразное. Для увеличения доли газа в энергосистеме региона предлагаются следующие варианты:

- увеличение поставок газа из Тюмени;
- использование метана, добываемого при дегазации угольных шахт;
- развитие самой технологии ПГУ.

Согласно сравнительному анализу, проведенному Институтом угля и углехимии СО РАН [2], строительство нового газопровода из Тюмени является менее выгодным по сравнению с созданием достаточного количества предприятий, работающих по технологии подземной газификации угля (ПГУ). Станции ПГУ способны обеспечить эквивалентный объем котельного топлива. Кроме того, технология ПГУ обладает значительными преимуществами: она позволяет получать не только энергетическое сырье, но и экологически чистое газообразное химическое сырье, соответствующее строгим экологическим нормам и являющееся экономически привлекательным. Потребители газа от ПГУ выигрывают от стабильной теплотворной способности и состава топлива, а также от надежности его поставок.

Перспективность метода ПГУ демонстрирует инвестиционный проект Института угля и углехимии СО РАН [3], который предполагает строительство шести крупных предприятий с годовой производительностью 1-4 млрд. м³ горючего газа. В рамках проекта часть газа будет использоваться как котельное топливо, а другая часть – как сырье для газотурбинных установок, интегрированных в ПГУ для производства электроэнергии. Это позволит создать фактически автономные электростанции, работающие на собственном топливе.

Технологии предприятий, получающих горючий газ как котельное топливо, различаются в использовании воздушного и паровоздушного дутья. В результате получается газ с теплотворной способностью от 4 до 13 МДж/м³ (низко- или среднекалорийный). Сводные технико-экономические показатели представлены в таблице 1 [2].

Анализ представленной таблицы показывает, что строительство шести предприятий (ПГУ) приведет к производству электроэнергии тремя из них, а два других обеспечат получение низкокалорийного и среднекалорийного газа. Таблица содержит ключевые технико-экономические параметры: производительность, тип продукции, объемы инвестиций и ожидаемую прибыль. Важно отметить, что представленные затраты являются предварительными и будут детализированы на последующих стадиях проекта. Капитальные вложения в электрогенерирующие установки ПГУ существенно выше из-за высокой стоимости газотурбинных станций.

Срок строительства объектов составляет 1-2 года, а окупаемость – 2-3 года. Ввод в эксплуатацию этих шести предприятий позволит сократить потребность в угольных шахтах средней мощности (3-4 единицы), снизив потребление энергетического угля примерно на четверть.

Это положительно скажется на экологии региона и создаст тысячи новых рабочих мест. Помимо Кузбасса, значительный потенциал для развития ПГУ существует на Дальнем Востоке (Сахалин, Приморье, Хабаровский край), в Донбассе, а также в Печорском и Канско-Ачинском угольных бассейнах.

Таблица 1 – Техничко-экономические показатели инвестиционного проекта

№ п/п	Наименование (условное) предприятия ПГУ	Вид производимой продукции	Производительность предприятия	Кап. затраты на строительство, млн. руб.	Ожидаемая чистая прибыль (годовая), млн. руб.
1	Петровская станция «Подземгаз»	Электроэнергия	100 МВт	1900 (включ. стоим, газотурбин. уст.)	900-1100
2	Хмелевская станция «Подземгаз»	Низкокалорийный горючий газ	2,0 млрд, м ³	350	150-180
3	Мусохрановская станция «Подземгаз»	Электроэнергия	100 МВт	1900 (включ. стоим, газотурб. уст.)	900-1100
4	Прокопьевская станция «Подземгаз»	Среднекалорийный горючий газ	1,0 млрд, м ³	450	170-200
5	Чичербаевская станция «Подземгаз»	Низкокалорийный горючий газ	2,0 млрд, м ³	350	150-180
6	Терсинская станция «Подземгаз»	Электроэнергия	120 МВт	2200 (включ. стоим, газотурб. уст.)	1000-1300
	ВСЕГО:			7150	3270-4060

Выполняемые в этой области работы носят, как правило, аналитический характер. Строительство опытных газогенераторов развивается достаточно медленно, что не в последнюю очередь связано с отсутствием финансовых инвестиций в развитие данной технологии, хотя ПГУ является привлекательным способом разработки угольных месторождений.

На сегодняшний день следует отметить, что Китай в деле практической реализации технологии ПГУ намного опережает нашу страну. Представителями многих китайских угольных компаний выполнены научные и практические работы по ПГУ, ведется практическая реализация этой технологии. К странам, занимающим передовые позиции в области подземной газификации углей, относятся многие страны мира, такие как – Австралия, США, Канада, КНДР, Индия, страны Западной Европы, а также страны ближнего зарубежья – Узбекистан, Украина. Начали проявлять интерес к технологии ПГУ Киргизия, Грузия, Казахстан, Белоруссия.

Говоря об изучении углей, необходимо их рассматривать как сырье для производства продукции с новыми потребительскими свойствами, а также как сырье для получения синтетических жидких топлив, продуктов и материалов не топливного назначения (сорбенты, гуминовые удобрения, строительные материалы).

Современной наукой немало уделяется внимания экономической оценке новых технологий переработки и комплексного использования минеральной части углей, а также отходов добычи и обогащения [3, 4].

По данным международной аналитической компании ZION Market Research, совокупный ежегодный темп роста для газификации угля в 2018-2026 годах составил 10,8 %. В общей массе продукта, получаемого путем газификации угля, доля удобрений (карбамида) составила в 2017 году 40 % [5]. Разные страны по-разному используют

получаемый в результате применения технологии синтез-газ, в зависимости от потребностей региона. Кто-то использует на энергетические цели, а кто-то – в производстве удобрений, синтетического жидкого топлива и сырья для химической промышленности. Многие страны Азиатско-Тихоокеанского региона, на пример Индия, используют продукты газификации для получения удобрения. Китай получает свыше 90 % всего производимого в стране аммиака путем газификации угля [6].

Технология ПГУ, как показывает практика, наиболее эффективна при использовании в непосредственной близости от места добычи угля для получения энергии и широкого спектра продукции углехимии с высокой добавленной стоимостью (бензин, метанол, дизельное топливо, минеральные удобрения и другие продукты) [7].

Выводы

Для отработки методом ПГУ на нашей территории пригодны порядка 28 % существующих месторождений угля. Это говорит о перспективности внедрения данной технологии. Минэнерго России создана и начинает свою деятельность рабочая группа по вопросам развития глубокой переработки угля в РФ. Группа создана на основе Института горючих ископаемых с консолидацией усилий профильных академических и отраслевых центров. Также следует отметить, что при Инновационном центре Сколково разработан проект создания опытно-промышленного предприятия ПГУ и ведется работа по его внедрению. Этот проект предполагает создание цифровых двойников месторождений и подземных газогенераторов как элементов цифровой трансформации горного предприятия. Эти технологии являются более эффективными по отношению к классическим и могут рассматриваться в информационно-технических справочниках наилучших доступных технологий и в региональных экологических стандартах угледобывающих регионов [8]. Все приведенные данные говорят об очевидности экономических и экологических достоинств технологии ПГУ и необходимости дальнейших работ по внедрению и усовершенствованию данной технологии. Особенно актуальна эта задача в условиях современного энергетического кризиса.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент подачи статьи в редакцию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Плакиткин, Ю. А. Парижское соглашение как фактор ускорения "энергетического перехода": меры по адаптации угольной отрасли к новым вызовам / Ю. А. Плакиткин, Л. С. Плакиткина // Уголь. – 2021. – № 10(1147). – С. 19-23. – DOI 10.18796/0041-5790-2021-10-19-23. – EDN RVZZSD.
2. Лазаренко, С. Н. Новый этап развития подземной газификации угля в России и в мире / С. Н. Лазаренко, П. В. Кравцов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – № 5. – С. 304-316. – EDN IBLJMD.
3. Состояние и перспективы комплексного использования твердых горючих ископаемых: (юбилейный сборник трудов ИГИ) / под общ. ред. Е. Г. Горлова. – Москва: ФГУП ИГИ, 2011. – 368 с. – ISBN 978-5-902393-16-0. – EDN QNFREAL.

4. Горлов, Е. Г. Синтетические жидкие топлива - новые возможности и перспективы / Е. Г. Горлов, А. В. Шумовский // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2019. – № 9(93). – С. 108-113. – EDN TLMYMA.
5. Петров, И. В. Предложения по декарбонизации угольной промышленности и устойчивому развитию обособленных регионов на основе подземной газификации углей / И. В. Петров, И. И. Уткин, В. Б. Джайянт // Уголь. – 2022. – № 9(1158). – С. 41-46. – DOI 10.18796/0041-5790-2022-9-41-47. – EDN PTUJON.
6. В Китае новая технология газификации угля делает производство аммиака более экологичным. — Текст: электронный // russian.china.org.cn: [сайт]. — URL: http://russian.china.org.cn/china/txt/2019-11/11/content_75396640.htm (дата обращения: 18.02.2026).
7. Краснянский, Г. Л. Формирование энергоугольных кластеров - инновационный этап технологической реструктуризации угольной промышленности Российской Федерации / Г. Л. Краснянский // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № S1. – С. 47-62. – EDN OOLAOB.
8. Digital twins and modeling of the transporting-technological processes for on-line dispatch control in open pit mining / I. O. Temkin, A. V. Myaskov, S. A. Deryabin, U. A. Rzazade // Eurasian Mining. – 2020. – No. 2. – P. 55-58. – DOI 10.17580/em.2020.02.13. – EDN JQDLSZ.

Underground Coal Gasification in Today's Realities

Natalia Ivanovna Guleichuk, Olga Dmitrievna Pavlicheva *
SBU "DONGIROSHAKHT",
Donetsk, Russia
* opavlicheva@inbox.ru

Abstract

Underground Coal Gasification in Today's Reality The article discusses the prospects for using underground coal gasification technology in Russia and around the world as an alternative energy source due to the sharp increase in global oil and gas prices and their limited reserves. The article presents the technical and economic indicators of the investment project at the Institute of Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, based on which conclusions are made about the profitability of launching pilot projects and the possible cost of construction. Special attention is given to the international experience of using underground coal gasification and the use of derived products.

Keywords: coal deposit, underground gasification, underground gas generator, synthesis gas, products of underground coal gasification.

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_52

Научная статья

УДК 621.311-52

ГРНТИ 44.29.31

ВАК 2.4.2

Обоснование эффективности гибридного канала PLC/RF для интеллектуальных систем учета электроэнергии в многоквартирных домах

Роман Анатольевич Заднепровский, Юлия Борисовна Щемелева *

Филиал Южного федерального университета в г. Геленджике,

Геленджик, Россия

* Da-yula@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы модернизации систем учета электроэнергии в многоквартирных домах в соответствии с требованиями Федерального закона № 522-ФЗ. Проведен анализ современных технологий сбора данных, обоснована целесообразность применения гибридного канала связи PLC/RF.

На примере реального 17-этажного жилого дома разработана трехуровневая архитектура интеллектуальной системы учета электроэнергии (ИСУЭ) на базе счетчиков РОТЕК РТМ-01/03 и концентраторов РОТЕК РТМ-04.

Выполнены расчеты надежности и экономической эффективности. Показано, что резервирование каналов связи обеспечивает коэффициент готовности тракта передачи данных 0,99980, а срок окупаемости проекта составляет 10,2 месяца при годовом экономическом эффекте 1,29 млн руб.

Ключевые слова: интеллектуальная система учета электроэнергии, гибридный канал связи, многоквартирный дом, надежность, экономическая эффективность

С 1 июля 2020 года в Российской Федерации вступили в силу требования Федерального закона № 522-ФЗ, согласно которым все новые многоквартирные дома (МКД) должны оснащаться интеллектуальными приборами учета электроэнергии, а существующий жилой фонд подлежит поэтапной модернизации. Перед энергоснабжающими организациями встает проблема выбора оптимальной технологии передачи данных между приборами учета и уровнем учета электроэнергии. В частности, это касается домов старой постройки с железобетонными перекрытиями и отсутствием слаботочных линий связи [1, 2].

Основная задача данной работы - обосновать и представить проект интеллектуальной системы управления энергоресурсами (ИСУЭ) для стандартного многоквартирного дома. В основе проекта лежит применение комбинированного канала связи - гибрида PLC и RF. Такой подход позволяет организовать автоматический сбор показаний, отслеживать параметры качества электроэнергии и удаленно регулировать нагрузку с высоким уровнем надежности.

Обзор существующих технических решений выявил, что традиционные технологии в условиях уже сложившейся городской застройки имеют серьезные недостатки:

– Проводная сеть RS-485 требует монтажа отдельных кабельных трасс, что для дома со 136 квартирами экономически неоправданно.

– Использование только радиоканала (RF) приводит к значительному ослаблению сигнала из-за железобетонных перекрытий и стен.

– Применение исключительно технологии PLC (передача данных по электросети) нестабильно из-за импульсных помех, создаваемых работой бытовых приборов.

Гибридный канал PLC/RF объединяет оба интерфейса в одном устройстве. Счетчики и концентратор динамически выбирают наилучший канал для передачи данных. При затухании PLC-сигнала (например, из-за включения мощной нагрузки) автоматически происходит переключение на RF-канал, и наоборот. Это обеспечивает резервирование без прокладки дополнительных проводов.

В качестве объекта выбран панельный жилой дом (136 квартир, постройка 2007 г.). Существующая система учета (счетчики «Энергомера СЕ 101») характеризуется отсутствием цифровых интерфейсов связи; ручным снятием показаний; коммерческими потерями 8–15 % (небаланс между ОДПУ и квартирами); невозможностью дистанционного отключения должников.

На основе технического задания разработана трехуровневая архитектура ИСУЭ, как показано на рисунке 1:

- нижний уровень: 136 однофазных счетчиков РОТЕК РТМ-01 (квартиры), 3 трехфазных РТМ-03 (общедомовой учет), 1 трехфазный РТМ-03 (офис) [3, 4];
- средний уровень: два концентратора РОТЕК РТМ-04 в одном шкафу (разделение этажей 1–9 и 10–17). Связь с квартирными счетчиками – гибридный PLC/RF, с общедомовыми – RS-485;
- верхний уровень: сервер гарантирующего поставщика (канал GSM с резервированием Ethernet).

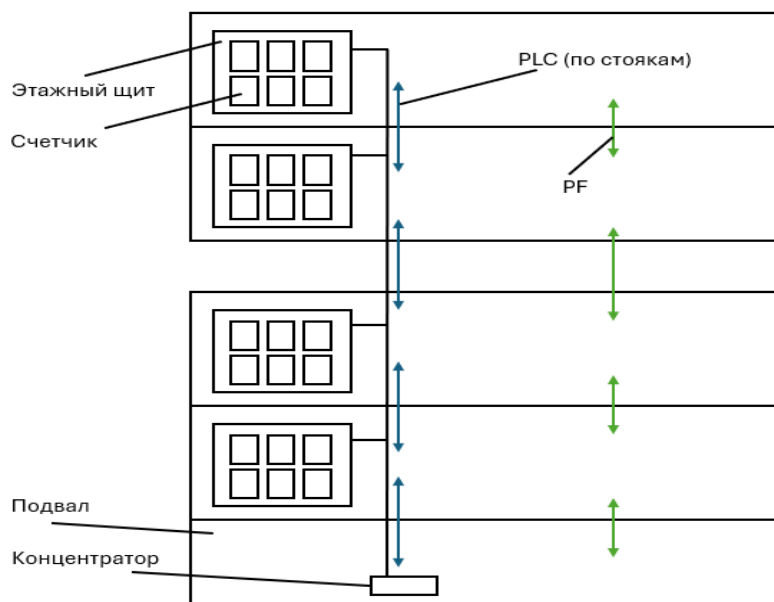


Рисунок 1 – Принцип организации гибридной сети PLC/RF в многоквартирном доме

Для количественной оценки надежности использован коэффициент готовности K_{Γ} . Исходные данные (на основе эксплуатационной статистики):

- PLC-канал: $T_0 = 8760$ ч (1 год), $T_{\text{в}} = 24$ ч $\rightarrow K_{\Gamma}^{PLC} = 0,99726$.
- RF-канал: $T_0 = 6000$ ч, $T_{\text{в}} = 12$ ч $\rightarrow K_{\Gamma}^{RF} = 0,99800$.

При параллельном резервировании (гибридный канал):

$$K_{\Gamma}^{PLC/RF} = 1 - (1 - 0,99726)(1 - 0,99800) = 0,99999452.$$

С учетом последовательного включения счетчика ($K_{\Gamma}^{\text{сч}} = 0,99993$) и концентратора ($K_{\Gamma}^{\text{конц}} = 0,99988$) общий коэффициент готовности тракта «счетчик – концентратор»:

$$K_{\Gamma}^{\text{тракт}} = 0,99993 \times 0,99999452 \times 0,99988 = 0,99980.$$

Время простоя за год составляет:

$$T_{\text{прост}} = 8760 \times (1 - 0,99980) \approx 1,75 \text{ часа.}$$

Это полностью удовлетворяет требованиям к коммерческим системам учета (норматив – менее 4 часов в год).

Капитальные затраты (CAPEX) на оборудование, материалы и монтаж составили 1 073 281 руб.

Ежегодные эксплуатационные затраты (OPEX) – 35 899 руб.

Годовой экономический эффект сформирован тремя составляющими:

1. Снижение коммерческих потерь с 10 % до 3 %: экономия 369 600 руб./год;
2. Сокращение штата контролеров на 1,5 ставки: экономия 819 000 руб./год;
3. Дополнительный доход от многотарифного учета (2 % от полезного отпуска): 105 600 руб./год.

Итого: $\mathcal{E}_{\text{год}} = 1294200$ руб./год.

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = \frac{CAPEX}{\mathcal{E}_{\text{год}} - OPEX} = \frac{1073281}{1294200 - 35899} = 0,85 \text{ года} \approx 10,2 \text{ месяца.}$$

В результате работы разработан и обоснован проект ИСУЭ для многоквартирного дома на базе гибридного канала PLC/RF [5].

Показано, что:

- резервирование каналов связи повышает коэффициент готовности до 0,99999 для физического канала и 0,99980 для полного тракта с временем простоя менее 2 часов в год;
- применение счетчиков РОТЕК РТМ-01/03 позволяет реализовать многотарифный учет, антимагнитную защиту, дистанционное управление нагрузкой и контроль качества электроэнергии;
- экономическая эффективность проекта подтверждается сроком окупаемости 10,2 месяца при годовом эффекте 1,29 млн руб.

Предложенные технические решения могут быть тиражированы для модернизации систем учета в жилых домах типовых серий, что соответствует государственной политике цифровизации ЖКХ.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент подачи статьи в редакцию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Федеральный закон от 27.12.2018 № 522-ФЗ «О внесении изменений... в связи с развитием систем учета электроэнергии».
2. Постановление Правительства РФ от 19.06.2020 № 890 «О порядке предоставления доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учета...».
3. Счетчики РОТЕК РТМ-01, РТМ-03. Руководства по эксплуатации. АО «НПК РоТеК», 2019–2020.
4. ГОСТ 30804.4.30-2013. Методы измерений показателей качества электрической энергии.
5. Заднепровский Р.А., Щемелева Ю.Б., Давыдов С.К. О разработке интеллектуальных систем управления энергопотреблением // Сборник трудов XVI Всероссийской Черноморской школы-семинара. – Геленджик, 2025. – С. 228–231.

Justification of the Efficiency of a Hybrid PLC/RF Channel for Intelligent Electricity Metering Systems in Apartment Buildings

Roman Anatolyevich Zadneprovsky, Yulia Borisovna Shchemeleva ^{*}
*Branch of Southern Federal University in Gelendzhik,
Gelendzhik, Russia*
^{*} Da-yula@yandex.ru

Abstract

The article addresses the modernization of electricity metering systems in apartment buildings in accordance with the requirements of Federal Law No. 522-FZ. An analysis of modern data collection technologies is conducted, and the feasibility of using a hybrid PLC/RF communication channel is substantiated. Using a real 17-story residential building as a case study, a three-level architecture of an intelligent electricity metering system (IEMS) is developed based on POTEK RTM-01/03 meters and POTEK PTM-04 concentrators. Calculations of reliability and economic efficiency are performed. It is shown that communication channel redundancy ensures a data transmission path availability factor of 0.99980, while the project payback period is 10.2 months with an annual economic effect of 1.29 million rubles.

Keywords: intelligent electricity metering system, hybrid communication channel, apartment building, reliability, economic efficiency

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_56

Научная статья

УДК 621.642

ГРНТИ 73.37.19

ВАК 2.8.5

Применение комплексного подхода для повышения энергоэффективности магистральных нефтепроводов

Артем Олегович Колбасов*, Вячеслав Александрович Татаринцев
ФГБУ ВО «Брянский государственный технический университет»,
Россия, Брянск

* vatat52@gmail.com

Аннотация

Отмечено, что процесс перекачки нефти по магистральным трубопроводам остаётся энергоёмкостью технологической операцией. Целью работы является повышение эффективности работы магистрального трубопровода транспорта нефти за счёт внедрения энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий. Выполнен сравнительный анализ методов повышения энергоэффективности, произведены необходимые расчёты и предложено комплексное техническое решение, позволяющее достичь наилучших показателей по энергосбережению и надёжности системы транспорта нефти.

Ключевые слова: энергоэффективность, магистральный нефтепровод, частотно-регулируемый привод, противотурбулентная присадка, внутритрубная очистка, гидравлическое сопротивление.

Магистральные нефтепроводы (МН) в России являются основным средством транспортировки нефти. Около 85 % всей нефти в стране транспортируется именно этим способом. В последнее время снижение объёмов перевозок нефти по железной дороге и внутренним водным путём, что связано с перераспределением грузопотоков и увеличением доли трубопроводного транспорта. Поэтому МН остаются ключевым элементом транспортной инфраструктуры России, обеспечивая эффективную и надёжную доставку нефти от мест добычи до потребителей.

Одной из основных проблем при эксплуатации магистральных трубопроводов транспорта нефти остаётся высокая энергоёмкость процессов перекачки. Большая часть энергии расходуется на работу насосного оборудования, и значительные потери могут возникать из-за неэффективного регулирования, износа оборудования и гидравлических сопротивлений. Кроме того, цикличная работа насосов и неравномерные нагрузки снижают срок службы элементов системы и увеличивают вероятность аварий. Поэтому актуальность приобретают современные технические решения, направленные на повышение энерго- и ресурсосбережения. К таким решениям относятся частотно-регулируемые приводы (ЧРП), применение противотурбулентных присадок (ПТП), а также регулярная внутритрубная очистка. Все эти методы позволяют не только сократить энергозатраты, но и продлить срок службы оборудования, улучшить гидравлические параметры системы и повысить её надёжность.

Исследованиями [1 - 3] установлено, что внедрение частотно-регулируемого привода (ЧРП) является наиболее эффективным способом повышения общей энергоэффективности системы магистральных нефтепроводов. Применение ЧРП позволяет снизить расход электроэнергии на перекачку более чем на 18 %, а также значительно увеличить межремонтные интервалы электродвигателей и трубопроводов [4]. За счёт сокращения количества пусков, стабилизации режима работы насосных агрегатов и уменьшения амплитуды колебаний давления срок службы оборудования увеличивается в среднем в 2,2 раза.

Однако для дальнейшего увеличения ресурсо- и энергосбережения целесообразно дополнительно использовать противотурбулентные присадки (ПТП). Применение ПТП способствует стабилизации потока нефти, снижению гидравлических сопротивлений и, как следствие, дополнительному сокращению энергозатрат. Следует отметить, что интеграция ПТП требует дополнительных расходов на закупку и введение присадки, что увеличивает стоимость проекта. Тем не менее, комплексное применение ЧРП и ПТП позволяет добиться максимального повышения эффективности работы трубопроводной системы и насосных агрегатов.

Совместное применение ЧРП и ПТП обеспечивает не только снижение энергозатрат, но и уменьшение потерь давления в системе, что особенно важно на длинных участках магистрали. Однако при объединении ЧРП и ПТП возникает проблемы координации их работы. К ним относятся:

- ПТП без интеллектуального управления подаётся либо по фиксированному графику, либо вручную оператором;
- такая подача не учитывает текущие параметры потока – расход, вязкость, температуру, давление.

В условиях колебаний производительности, температуры нефти, сезонных изменений, режим постоянного дозирования ПТП может привести к:

- перерасходу дорогостоящей присадки;
- отсутствию эффекта от дозирования в неподходящие моменты;
- дисбалансу между режимами насоса и гидравликой трубопровода.

Чтобы ЧРП и ПТП работали как единая система, требуется комплексное автоматизированное управление. Эту функцию выполняет SCADA-система как центральное звено в системе управления [5]. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – программно-аппаратный комплекс сбора данных и диспетчерского контроля, используемый для мониторинга и управления технологическими процессами. SCADA-система объединяет:

- частотно-регулируемые приводы (ЧРП);
- насос-дозаторы ПТП;
- систему датчиков (давление, температура, расход, вязкость);
- операторский интерфейс и архив.

С помощью SCADA-система реализуется адаптивный алгоритм, в ходе которого в реальном времени опрашиваются датчики, установленные на участке:

- давление (PD);
- температура (TD);
- расход (FQ);
- (опционально) вязкость.

На основе показаний определяет характеристики потока:

- если температура низкая, то вязкость увеличивается;
- если расход высокий, то усиливается турбулентность;

— если давление на выходе растёт, то возможны повышенные потери.

SCADA-система анализирует необходимость дозирования ПТП:

— при высоких потерях давления и повышенной вязкости система активирует насос-дозатор;

— при нормализации параметров — отключает дозирование.

Одновременно система регулирует частоту вращения насоса через ЧРП, чтобы:

— обеспечить нужный расход при минимальной затрате электроэнергии;

— поддерживать стабильное давление.

Связь между ЧРП и ПТП:

— если ЧРП увеличивает частоту (увеличивается расход), то SCADA-система автоматически увеличивает дозу ПТП;

— если ЧРП снижает частоту (падает производительность), то SCADA-система пропорционально снижает подачу ПТП.

Таким образом, дозирование и работа насоса находятся в прямой зависимости друг от друга. ЧРП и ПТП работают синхронно, а управление ими происходит централизованно [5]. Это позволяет избежать перерасхода присадки, снизить нагрузку на насосы, обеспечить стабильные параметры перекачки.

Выполним расчёт эффективности частотного привода и противотурбулентных присадок как единой системы под управлением SCADA-системы

Примем, что энергия до внедрения (базовая): $E_0 = 100 \%$, ЧРП снижает энергопотребление на $E_1 \%$, ПТП снижает энергопотребление на $E_2 \%$ от первоначального значения

Тогда остаточная энергия после ЧРП

$$E_{\text{ЧРП}} = 1 - E_1.$$

Оставшееся энергопотребление после ПТП применяется к результату после ЧРП, а не к исходному уровню

$$E_{\text{ост}} = E_{\text{ЧРП}} \cdot (1 - E_2)$$

Тогда итоговая экономия:

$$E_{\text{сумм}} = 1 - (1 - E_1) \cdot (1 - E_2).$$

Снижение от ЧРП $E_1 = 28308/335000 = 0,08$; снижение от ПТП

$$E_2 = \frac{17523}{335000} = 0,05$$

Суммарная эффективность

$$E_{\text{сумм}} = 1 - (1 - 0,08) \cdot (1 - 0,05) = 1 - 0,8165 \cdot 0,9539 = 0,126 \text{ или } 12,6 \%.$$

Для дальнейшего повышения энерго- и ресурсоэффективности целесообразно дополнительно использовать противотурбулентные присадки (ПТП). Добавление ПТП позволяет снизить коэффициент гидравлического сопротивления потока до 17,6 %, что дополнительно сокращает энергопотребление на 4...5 %. Влияние ПТП на ресурс

оборудования проявляется в снижении вибраций и внутренних нагрузок в насосах и трубопроводах, что может привести к увеличению межремонтных интервалов примерно на 5...7 % относительно базового уровня эксплуатации без присадок.

Применение ПТП требует дополнительных эксплуатационных затрат на закупку и дозирование присадки, что увеличивает стоимость эксплуатации участка. Однако комплексное использование ЧРП и ПТП обеспечивает максимальное снижение энергозатрат, повышение надёжности системы и продление срока службы оборудования, что делает данный вариант наиболее эффективным с технической точки зрения.

Схема работы НПА с частотным приводом в совокупности с противотурбулентными присадками под управлением системы SCADA показана на рисунке 1.

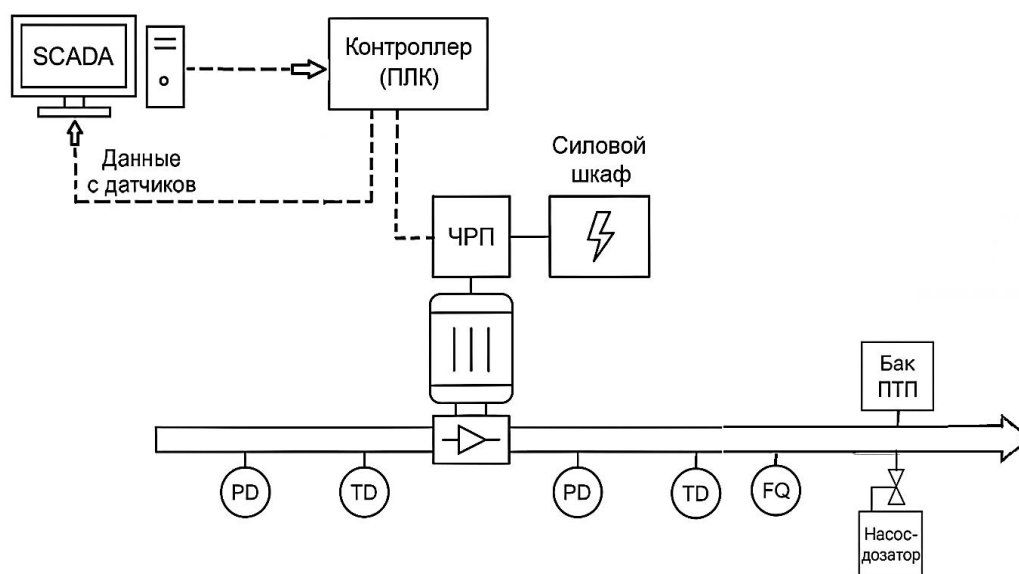


Рисунок 1 – Схема работы НПА с частотным приводом в совокупности с противотурбулентными присадками под управлением системы SCADA [5]

1. Основная линия трубопровода:
 - горизонтальная стрелка показывает направление потока транспортируемой среды (нефти) по магистральному трубопроводу – слева направо;
 - на трубопроводе установлены датчики:
 - *PD* — датчики давления (*Pressure Detector*), установлены до и после насоса для контроля перепада давления;
 - *TD* — датчики температуры (*Temperature Detector*), позволяют отслеживать изменение вязкости среды;
 - *FQ* — датчик расхода (*Flow Quantity*), определяет объём перекачиваемой жидкости.
 2. Насосный агрегат с частотно-регулируемым приводом (ЧРП):
 - в центре схемы изображён магистральный насос, соединённый с электродвигателем;
 - питание электродвигателя осуществляется через частотно-регулируемый привод (ЧРП).
- ЧРП управляет частотой вращения двигателя, обеспечивая:
- поддержание нужного расхода и давления;

- снижение энергозатрат за счёт адаптации режима работы под фактические условия.

3. Силовой шкаф и контроллер (ПЛК):

- силовой шкаф обеспечивает питание ЧРП;
- ПЛК (программируемый логический контроллер) управляет ЧРП и насос-дозатором на основе сигналов с датчиков.

Связь между SCADA и ПЛК осуществляется по промышленному протоколу (например, *Modbus TCP/IP*).

ПЛК обменивается данными с:

- датчиками (*PD, TD, FQ*);
- ЧРП;
- насос-дозатором ПТП.

Пунктирные линии обозначают сигнальные линии – обмен данными и командами управления.

4. Система подачи противотурбулентных присадок (ПТП).

В правой части схемы изображена система дозирования ПТП, которая состоит из:

- бака ПТП – ёмкости с присадкой;
- насоса-дозатора – устройства, которое подаёт присадку в трубопровод в нужный момент.

Подача ПТП осуществляется после насоса, так как при прохождении через насос присадка теряет эффективность. Насос-дозатор получает команды от ПЛК, который решает, когда и в каком объёме подавать присадку — в зависимости от давления, температуры и расхода.

5. SCADA-система.

В левой части схемы – операторская станция SCADA, которая выполняет следующие действия:

- получает данные с датчиков (через ПЛК);
- отображает параметры в реальном времени;
- позволяет оператору управлять режимом работы насосов и дозаторов;
- архивирует данные и фиксирует аварийные события.

SCADA-система передаёт команды ПЛК для изменения частоты ЧРП и включения дозатора ПТП при необходимости.

Итоговая работа схемы:

- контроллер ПЛК является центром локального управления: он анализирует данные с датчиков и управляет оборудованием;
- SCADA – «мозг» всей системы, обеспечивает централизованный контроль, визуализацию и оптимизацию.

В нормальных условиях SCADA совместно с ПЛК:

- регулируют скорость насоса через ЧРП;
- управляют дозированием ПТП;
- обеспечивают энергоэффективную и устойчивую работу магистрального участка трубопровода.

Состав схемы магистрального нефтепровода с внедренным частотным приводом и дозатором противотурбулентных присадок в единую систему под управлением SCADA-системы представлен в таблице 1.

Оценим изменения межремонтных интервалов на ремонт трубопроводов при внедрении комплексного технического решения. Одним из критически важных аспектов эксплуатации магистральных нефтепроводов является обеспечение надёжности

Таблица 1 – Состав схемы нефтепровода в единой системе под управлением SCADA [5, 8]

Элемент	Наименование	Основные характеристики	Стоимость
Насос	НМ 10000×210	$Q = 1\,0\,000\text{ м}^3/\text{сут}$, $H=210\text{ м}$	Замена не требуется – уже в составе
Электродвигатель	СТД-8000-2РУХЛ4	8000 кВт, 3000 об/мин, 6 кВ	Замена не требуется – уже в составе
ЧРП	ПЧВ-8000-6	8000 кВт, 6 кВ, векторное управление	≈25 млн. руб за 1 устройство
Датчик давления (PD)	ДД1000П-Р-Exd	До 10 МПа, Exd-взрывозащита	2 шт. на станцию (вход/выход) ≈ 45 000 руб/шт.
Датчик температуры (TD)	ТСП-0879	От -40 до +200 °С	ТСП-0879 – 2 шт./станция ≈ 8 000 руб/шт.
Расходомер (FQ)	ПРЭМ-2	Ультразвуковой, до 12000 м³/сутки	ПРЭМ-2 (ультразвуковой) ≈ 300 000 руб/шт
SCADA	«КРУГ-2000» (Россия)	Российская SCADA-платформа, Modbus, архив, визуализация	≈ 12 млн руб

трубопроводной системы и продление срока её безопасного функционирования. Особенно это актуально в условиях циклического режима перекачки, при котором насосные станции работают с переменным числом включений (отключений) агрегатов [6, 7].

Влияние циклического режима на состояние трубопровода. При работе насосных станций в циклическом режиме происходят регулярные колебания давления на входе и выходе. Эти колебания вызывают переменные механические напряжения в стенках трубопровода. При незначительных амплитудах такие нагрузки могут быть безопасны. Однако в условиях высоких перепадов давления существует риск формирования микротрещин. Со временем эти дефекты могут прогрессировать, сокращая ресурс трубы и повышая вероятность аварийных ситуаций.

Статистические данные показывают, что более 30 % повреждений приходится на участки, проработавшие свыше 20 лет.

Основной причиной служит накопление усталостных повреждений в материале. В этой связи стабилизация режима работы насосных агрегатов является важным фактором повышения надёжности.

Воздействие ЧРП на нагрузочный режим трубопровода. Применение частотно-регулируемых приводов (ЧРП) позволяет устранить или существенно снизить амплитуду давления в трубопроводе.

Постоянный режим перекачки снижает количество пусков и остановок насосов, а следовательно – и число циклов нагружения труб. Это замедляет развитие усталостных дефектов.

Согласно положениям РД-23.040.00-КТН-265-10, безопасный срок эксплуатации участка трубопровода определяется по формуле:

$$T_A = \frac{N_{\min} \cdot k}{N_g \cdot n},$$

где $N_{\min}$ – число циклов до возникновения трещины; N_g – годовая цикличность нагружения; N – коэффициент запаса прочности, $N = 10$; k – коэффициент долговечности, зависящий от условий эксплуатации.

Сравнение сроков службы при внедрении и без ЧРП. Если трубопровод эксплуатируется без ЧРП, в формуле используется фактическое значение цикличности нагружения за последний отчётный период

$$T_{A.Ф.} = \frac{N_{\min} \cdot k}{N_{\phi} \cdot n}.$$

При использовании ЧРП используется аналогичная формула, но с замененого параметра цикличности:

$$T_{A.ЧРП} = \frac{N_{\min} \cdot k}{N_{ЧРП} \cdot n}.$$

При одинаковых значениях $N_{\min}$, k и n из формул следует

$$\frac{T_{A.ЧРП}}{T_{A.Ф.}} = \frac{N_{\phi}}{N_{ЧРП}}.$$

Отношение $T_{A.ЧРП}/T_{A.Ф.}$ – представляет собой коэффициент $k_{Б.Э.}$. Отсюда примем исходя из прошлых расчетов что $k_{с.ц} \approx 2,2$; следовательно:

$$k_{Б.Э.} = k_{с.ц} = 2,2$$

$$\frac{T_{A.ЧРП}}{T_{A.Ф.}} = 2,2; \quad T_{A.ЧРП} = 2,2T_{A.Ф.}$$

Срок эксплуатации участка трубопровода при внедрении ЧРП может быть увеличен примерно в 2,2 раза по сравнению с базовым циклическим режимом.

Связь межремонтных интервалов с безопасным сроком эксплуатации.

Межремонтные интервалы напрямую связаны с долговечностью трубопровода. Если обозначить: T – рассматриваемый временной интервал (например, 10 лет); $T_{МР.Ф.}$ – средний межремонтный интервал при циклической работе (без ЧРП); $T_{МР.ЧРП}$ – межремонтный интервал при работе с ЧРП, то количество ремонтов трубы за период можно определить, как

$$n_{p1} = \frac{T}{T_{МР.Ф.}} \text{ (без ЧРП)}, \quad n_{p2} = \frac{T}{T_{МР.ЧРП}} \text{ (с ЧРП)}.$$

Поскольку межремонтный интервал пропорционален сроку безопасной эксплуатации, то

$$\frac{T_{\text{МР.ЧРП}}}{T_{\text{МР.Ф}}} = \frac{T_{\text{А.ЧРП}}}{T_{\text{А.Ф}}} = k_{\text{С.Ц}},$$

подставляя это соотношение, находим

$$n_{p2} = \frac{n_{p1}}{k_{\text{С.Ц}}} = \frac{T}{T_{\text{МР.Ф}} \cdot k_{\text{С.Ц}}}.$$

Количество ремонтов участка трубопровода за определённый период эксплуатации снижается прямо пропорционально коэффициенту снижения цикличности нагружения.

При $k_{\text{С.Ц}} = 2,2$ число ремонтных операций также сокращается в 2,2 раза, что приводит к снижению затрат на обслуживание и повышает надёжность системы в целом [7].

Таким образом, предложенное комплексное техническое решение позволяет не только сократить энергозатраты, но и продлить срок службы оборудования, улучшить гидравлические параметры системы и повысить её надёжность.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент подачи статьи в редакцию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Артющкин В.Н., Тянь В.К. Энергосбережение при эксплуатации магистральных насосных агрегатов: учебное пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 112 с.
2. Коршак А.А. Ресурс- и энергосбережение при транспортировке и хранении углеводородов: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2016. 410 с.
3. Самолёнков С. В., Кабанов О. В. Исследование способов энергосбережения при транспорте нефти // Записки Горного института. 2012. Т. 195. С. 81-84.
4. Шабанов В.А., Алексеев В.Ю., Калимгулов А.Р. Ревель-Муроз П.А. Оценка эффективности применения ЧРП на объектах магистральных нефтепроводов по снижению расхода электроэнергии // Нефтегазовое дело. 2016. Т. 1. № 14. С. 130-138.
5. Белоглазов И.И. Совершенствование автоматизации процессов нефтепереработки с использованием SCADA-системы genesis // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 4-2 (23). С. 9-11.
6. Татаринцев В.А. Анализ рисков и обоснование уровня надёжности элементов трубопроводного транспорта // Нефтегазовый терминал: сборник научных трудов международной научно-технической конференции имени профессора Н.А. Малюшина; под общей редакцией М.А. Александрова. Тюмень, 2021. С. 171-178.
7. Татаринцев В.А., Васильев А.В. Обоснование рационального уровня надёжности элементов трубопроводного транспорта // Нефтегазовый терминал. Материалы международной научно-технической конференции. Тюмень. 2022. С. 202-207.

8. Давыдов О.А., Коломыцев Н.В. Разработка системы диспетчерского контроля и сбора данных с установок нефтеперекачивающих станций // Вестник ТОГУ. 2023. № 3 (70). С. 89-98.

Applying a comprehensive approach to improve the energy efficiency of main oil pipelines

Artem Olegovich Kolbasov*, Vyacheslav Aleksandrovich Tatarintsev
Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

* vatat52@gmail.com

Abstract

This article notes that pumping oil through trunk pipelines remains an energy-intensive process operation. The aim of this study is to improve the efficiency of trunk oil pipelines through the implementation of energy-saving and resource-saving technologies. A comparative analysis of energy efficiency improvement methods was conducted, the necessary calculations were performed, and a comprehensive technical solution was proposed to achieve the best energy conservation and reliability of the oil transportation system.

Keywords: energy efficiency, trunk oil pipeline, variable frequency drive, drag reducing agent, in-line cleaning, hydraulic resistance.

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_65

Научная статья

УДК 621.642

ГРНТИ 73.37.19

ВАК 2.8.5

Повышение надежности аппарата воздушного охлаждения газа путем модернизации его вентилятора

Артем Витальевич Лахтуров, Вячеслав Александрович Татаринцев*

ФГБУ ВО «Брянский государственный технический университет»,

Россия, Брянск

* v_a_t52@mail.ru

Аннотация

Выполнен анализ отказов аппарата воздушного охлаждения газа. Установлена проблема низкой надежности подшипниковой опоры вертикального вала вентилятора. Цель работы – повышение надежности привода по отказу подшипника нижней опоры вала вентилятора за счет разработки более совершенной конструкции. В результате обоснована и разработана модернизированная конструкция опоры вала привода с повышенным ресурсом.

Ключевые слова: надежность, аппарат воздушного охлаждения (АВО), вертикальный вал, вентилятор, ременная передача, опора, подшипник.

Привод вентилятора обеспечивает вращательное движение его лопастей и включает в себя асинхронный электродвигатель, ременную передачу, вал и его опоры (рисунок 1). Анализ данных о техническом состоянии элементов АВО газа позволил выделить основные виды и причины их отказов [1].

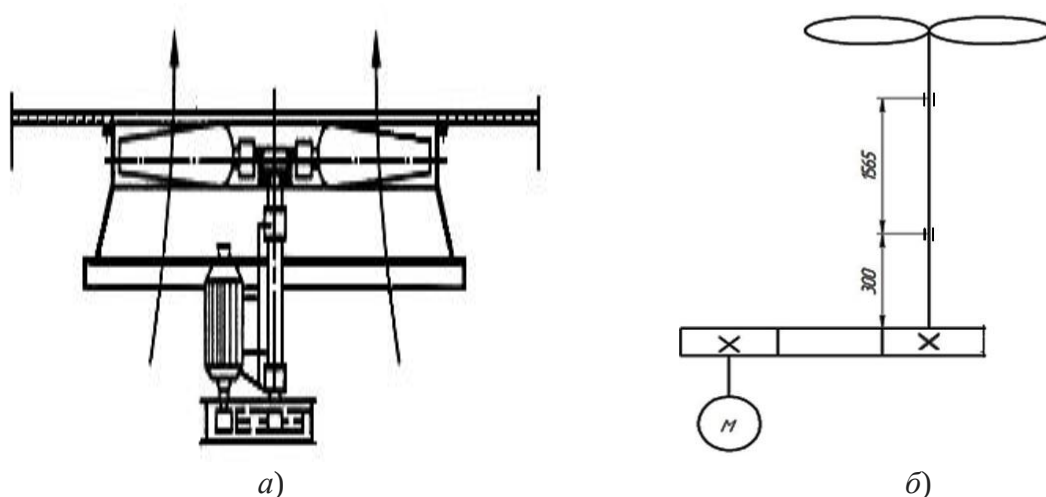


Рисунок 1 – АВО газа с приводом клиноременной передачей – а
и кинематическая схема привода вентилятора – б

Цель исследования – выполнить анализ возможных видов отказов элементов АВО, на основе которого оценить наиболее ненадежные элементы и оценить влияние на них параметров случайного процесса нагруженности и характеристик сопротивления разрушению (прочности). Для достижения этой цели применим подходы, изложенные в работе [2].

На стадии эксплуатации АВО идентифицированы отказы в работе привода вентилятора, состоящего из электродвигателя, ременной передачи, вертикального вала, двух его подшипниковых опор и самого вентилятора. С точки зрения схемной надежности привод можно представить в виде последовательного соединения пяти элементов ее составляющих, обеспечивающих выполнение заданных функций, поскольку отказ любого из элементов приводит к отказу системы в целом. В этом случае надежность системы привода не может быть выше надежности самого ненадежного элемента (рисунок 2). Повышение надежности этого элемента повышает надежность системы в целом.

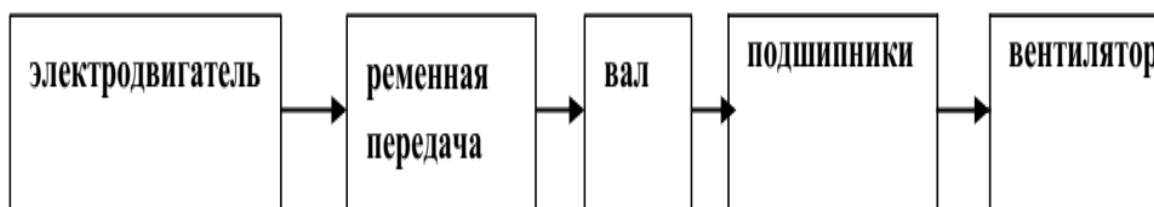


Рисунок 2 – Расчетная схема надежности элементов привода вентилятора

В нижней опоре вертикального вала АВО газокompрессора ГТК-25И применяется подшипниковый узел ПН 384-000 со сферическим двухрядным самоустанавливающимся роликоподшипником серии 3615. В процессе работы в этой подшипниковой опоре наблюдается существенное повышение температуры и утечка смазочного материала. Осевая нагрузка на нижней подшипник обусловлена весом вертикального вала и установленных на нем элементов (ротора вентилятора и большого шкива клиноременной передачи) и осевой тягой вентилятора (пропеллерный эффект) (рис. 1, б). Расчет веса производился через объемы элементов по известным чертежным размерам (рис. 2). Оценка осевой тяги вентилятора производилась по величине статического напора вентилятора, вычисленного через потребляемую мощность с использованием величин производительности и эффективного к.п.д, который был принят равным 0,5. Тяга определялась как произведение перепада статического давления на рабочем колесе вентилятора на «ометаемую» им площадь [2].

Недостатки существующей конструкции (рисунок 3).

1. В существующей конструкции применен радиальный сферический роликовый подшипник 3615 ГОСТ 5721-75 с бортиками на внутреннем кольце. При действии значительной осевой нагрузки, соизмеримой с радиальной, ролики смещаются к бортикам на внутреннем кольце, что вызывает повышенное трение и последующей нагрев опоры. За счет перекосов осевую нагрузку воспринимает только один ряд роликов, что снижает динамическую грузоподъемность подшипника.

2. Использование войлочных уплотнений (сальников) в конструкции подшипникового узла должно обеспечивать выполнение следующих требований:

- поверхность вала в месте контакта с сальником должна иметь твердость не менее 45 HRC (существующая – 30...35 HRC);
- шероховатость поверхности не более $Ra = 1,2$ мкм;
- допустимое биение вала – 0,1 мм;
- температура опоры не выше 90 °С (существующая – свыше 100 °С);
- не рекомендуется применять в условиях повышенной загрязненности.

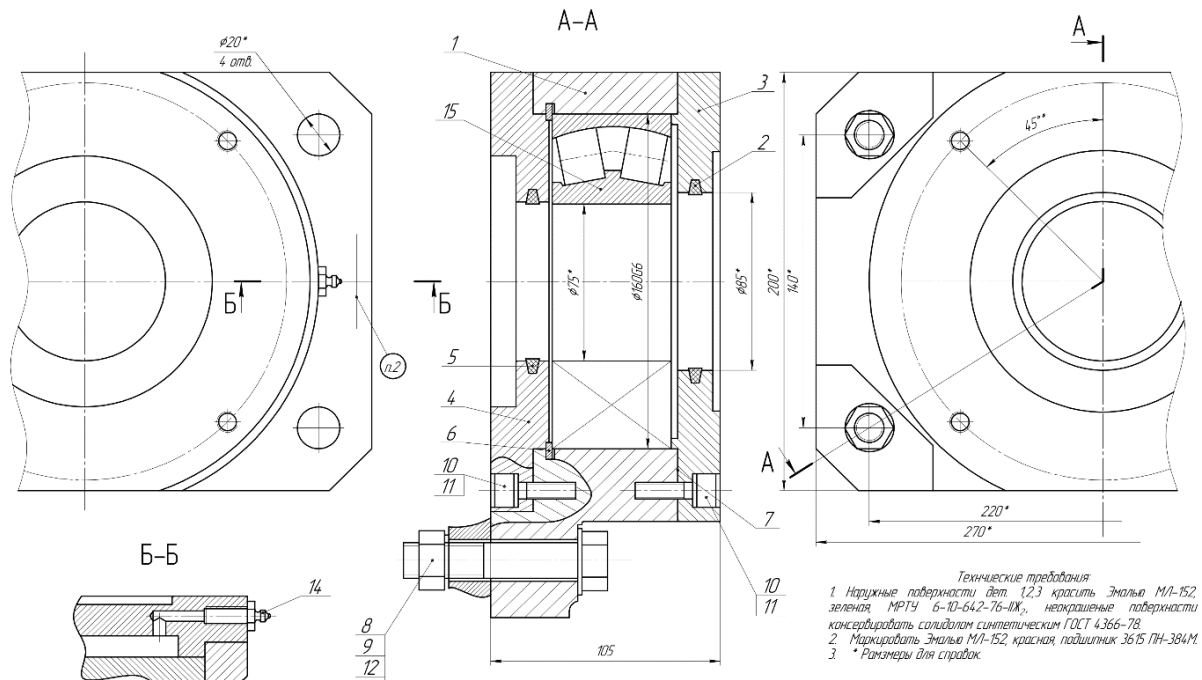


Рисунок 3 – Исходная конструкция опоры

Долговечность таких сальников – несколько сотен часов. Нагрев подшипника из-за трения торцов роликов подшипника о бурты внутреннего кольца приводит к разжижению пластической смазки, пригоранию уплотнения (сальника) и истеканию смазки из полости опоры через нижний сальник.

В работе [3] разработана целостная методология выявления и устранения в механизмах избыточных связей: замена вращательных пар сферическими, введение разгрузочных звеньев и т.д. На основании рекомендаций данной работы модернизацию нижней подшипниковой опоры проводили в два этапа.

1. На первом этапе разработан промежуточный (переходный) вариант, включающий изменение конструкций нижней и верхней крышек с установкой в них резиновых армированных манжет ГОСТ 875 -79, а также выполнение в нижней крышке контрольной масляной канавки, используемой для контроля при запрессовке пластической смазки.

Твердость поверхности вала в месте контакта с манжетами должна быть не менее 45 HRC, шероховатость не более $Ra = 0,66$ мкм, допустимое биение вала 0,175 мм, рабочая температура –45...+150 °С. В нижней крышке выполняется карман для сбора отработанной пластического смазочного материала.

Сферический самоустанавливающийся роликоподшипник с несимметричными роликами 3615 ГОСТ 5721-75 предлагается заменить на сферический самоустанавливающийся роликоподшипник 53615 ГОСТ 24696-81 с симметричными роликами и плавающим бортом на внутреннем кольце. Подшипник типа 53000 имеет повышенную на 25...30 % динамическую грузоподъемность по сравнению с подшипником типа 3000. Оба подшипника снабжены стальными или массивными бронзовыми и латунными сепараторами (рисунок 4).

На втором этапе с учетом изменений, связанных с конструкцией верхней и нижней крышек и применением манжетных уплотнений, предложено разделить функции восприятия радиальной и осевой нагрузок между двумя подшипниками.

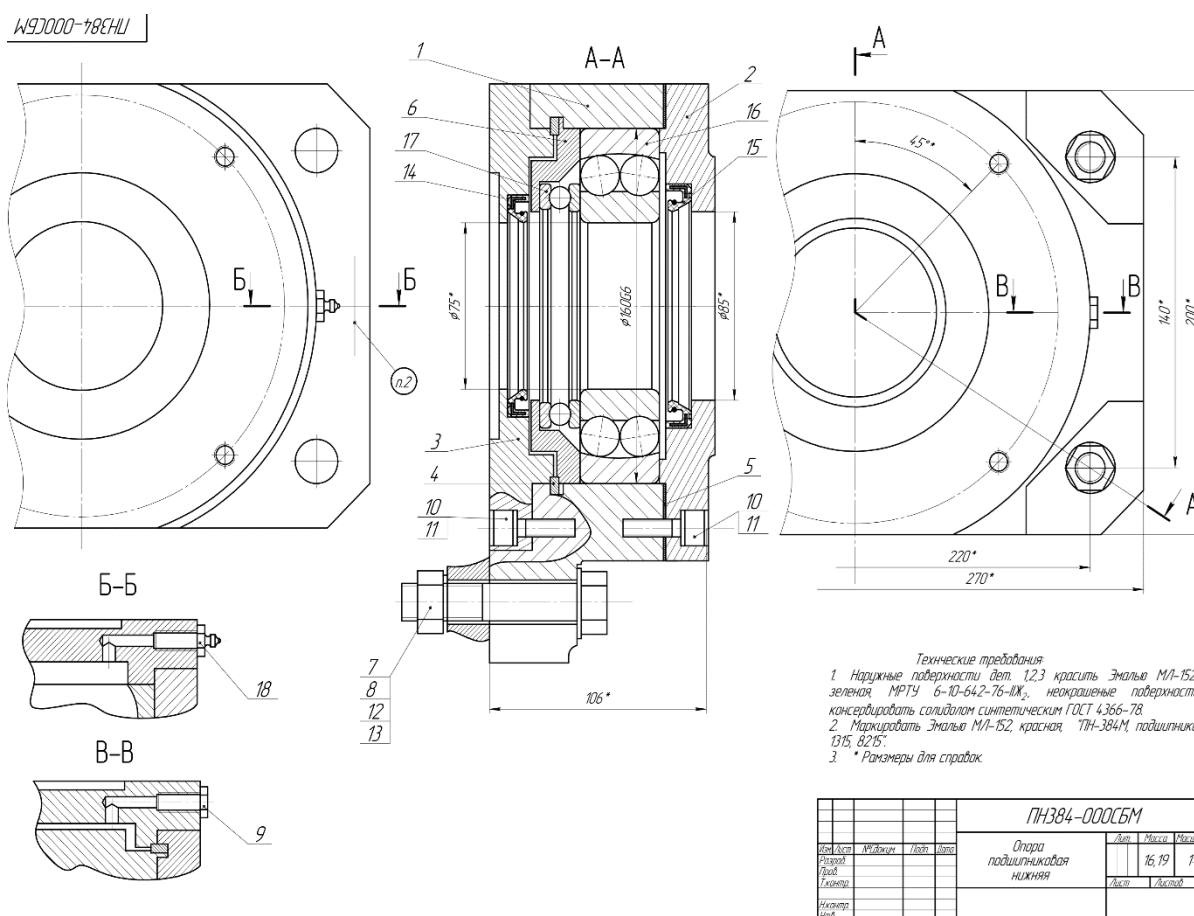


Рисунок 4 – Модернизированная конструкция нижней опоры

Радиальную силу воспринимает сферический самоустанавливающийся шарикоподшипник 1315 ГОСТ 5720-75, а осевую – упорный шарикоподшипник 8215 ГОСТ 6874-75.

Для установки последнего конструкция снабжена стаканом, фиксируемым в корпусе двумя полукольцами.

Нагрузка на подшипник нижней опоры зависит от силы начального натяжения ремней ременной передачи, поэтому её необходимо регламентировать в соответствии с передаваемым вращающим моментом.

Для клиновых ремней сечения типа C – 600...850 Н. При этом прогиб f от нагрузки G , приложенной посередине ветви ремня, рассчитывалась по формуле $f = 1,55a/100$, где a – межосевое расстояние, мм., при $a = 1115$ мм $f = 17,3$ мм. Величина силы, приложенной по середине ветви ремня сечения типа C – $G = 28...36$ Н. Конструкция наиболее трудоемкой детали – корпуса не претерпела изменений.

Сохранены конфигурация и размеры полуколец, прокладок, болтов, гаек и шайб. Подобран смазочный материал. Разработаны рекомендации по регулировке и контролю силы натяжения ременной передачи.

Для подшипников 1315 ГОСТ 5720-75 и 8215 ГОСТ 6874-75 исследуем влияние изменения коэффициента надежности a и вероятности безотказной работы P , на расчетный скорректированный ресурс подшипника L_h . Результаты расчетов представлены на рисунке 5.

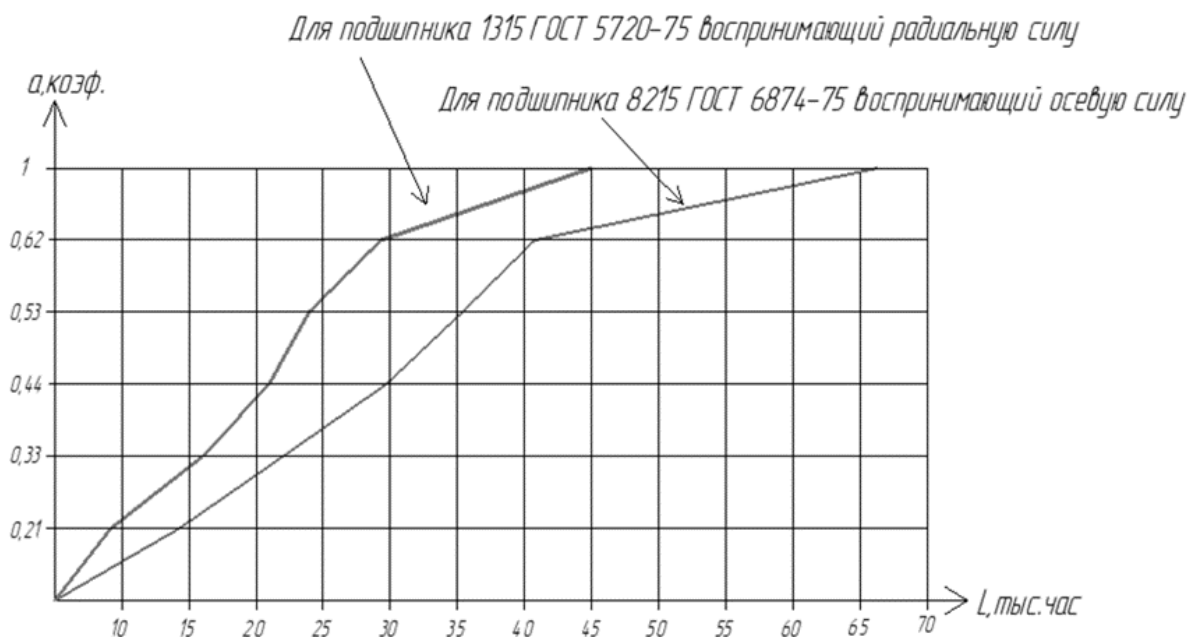


Рисунок 5 – Зависимость расчетного скорректированного ресурса подшипника от коэффициента надежности

Выполненные оценки расчетного ресурса показывают, что первое техническое обслуживание привода вентилятора нужно проводить через 5 лет и 3 месяца, поскольку 90-процентный ресурс подшипника 1315 ГОСТ 5720-75 составляет 46000 часов или 5,22 лет, а у подшипника 8215 ГОСТ 6874-75 соответственно 68000 часов или 7,7 лет.

Техническое обслуживание по сборке нижней подшипниковой опоры производится в следующей последовательности.

1. При снятом ведомом шкиве ременной передачи снизу надевается верхняя крышка с установленной в ней манжетой, затем регулировочные прокладки, корпус, подшипники – сначала радиальный сферический, затем упорный, тугое кольцо которого обращено к сферическому подшипнику, а свободное – опирается о стакан, затем два полукольца фиксируются в прорези корпуса и крепится нижняя крышка. Крышки фиксируются на корпусе винтами, а корпус болтами с гайками и шайбами закрепляется на установочной плите.

2. Измерение радиальных биений вала осуществляется с помощью индикатора часового типа, закрепленного на стойке. Величина радиального биения в месте установки шкива ременной передачи не более 0,04 мм, в месте установки манжеты на опорных плитах и регулировкой самих плит вместе с опорой.

3. Один раз в год в летнее время производится разборка, дефектоскопия и промывка подшипникового узла. Заполнение смазкой подшипниковой опоры осуществляется через масленку в верхней крышке в количестве, соответствующих 2/3 свободного объема узла, что составляет примерно 260 г. Через 4 месяца работы осуществляется пополнение смазки через масленку до появления свежей по цвету и консистенции смазки из контрольного отверстия масляной канавки в нижней крышке.

4. Промывка подшипников производится в следующей последовательности:

- погрузить подшипник в ванну бензином "Нефрас" С-3-80/120 ГОСТ 9980. 1–5–86. При необходимости очистить поверхность кистью;
- повторить промывку погружением подшипника в чистую ванну с бензином
- погрузить подшипник в ванну со смесью бензина "Нефрас" и 5...10 % масла МС – 20 или МК– 22 ГОСТ 21743 – 76 или трансформаторного;
- если старый смазочный материал уплотнился и не удаляется бензином, рекомендуется промывать нагретым до 105...115 °С маслом или кипятить подшипник в одном растворе моющих средств (мыло, сода и др.);
- при хранении подшипников свыше 12 часов их необходимо консервировать в масле МС – 20 ГОСТ 21743 – 76 или индустриальном И –20А ГОСТ 20799-75 с добавлением 2...3 % ингибитора МСДА-1 ТУ 6-02-605-70. Смазанные подшипники завернуть в парафинированную бумагу БН-3-3,5 ГОСТ 9569-79.

Выполненные мероприятия позволили снизить риски отказов нижней опоры вертикального вала вентилятора АВО газа, что ведет к снижению эксплуатационных затрат на обслуживание и позволяет повысить надежность привода вентилятора в целом [4].

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент подачи статьи в редакцию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Бикмухаметова М.А., Салимова Г.Д. Анализ эксплуатационной надежности аппаратов воздушного охлаждения // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». 2020. №8. С. 356-366.
2. Пятков М.И., Татаринцев В.А. Повышение надежности привода вентилятора аппарата воздушного охлаждения газа // В сборнике: Актуальные проблемы научного знания. Новые технологии ТЭК-2022. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Отв. редактор С.Н. Нагаева. Тюмень, 2022. С. 310-315.
3. Толстошеев А.К., Татаринцев В.А. Проектирование статически определимых механизмов технологических мехатронных машин с параллельной кинематикой // Мехатроника, автоматизация, управление. 2019. Т. 20. № 7. С. 428-436.
4. Татаринцев В.А. Анализ рисков и обоснование уровня надежности элементов трубопроводного транспорта // В сборнике: Нефтегазовый терминал: сборник научных трудов международной научно-технической конференции имени профессора Н.А. Малыгина. Под общей ред. М.А. Александрова. Тюмень, 2021. С. 171-178.

Improving the reliability of the gas air cooling unit by upgrading its fan

Artem Vitalyevich Lakhturov, Vyacheslav Aleksandrovich Tatarintsev*

Bryansk State Technical University,

Bryansk, Russia

* v_a_t52@mail.ru

Abstract

An analysis of air-to-air gas cooler failures was conducted. The low reliability of the fan's vertical shaft bearing support was identified. The objective of this study was to improve the drive reliability in terms of bearing failures in the lower fan shaft support by developing a more advanced design. As a result, an improved drive shaft support design with an increased service life was validated and developed.

Keywords: reliability, air-to-air cooler (ACO), vertical shaft, fan, belt drive, support, bearing.

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_72

Научная статья

УДК 621.642

ГРНТИ 73.37.19

ВАК 2.8.5

Анализ мероприятий по снижению потерь нефтепродуктов в резервуарах для их хранения

Александр Дмитриевич Сидоренко, Вячеслав Александрович Татаринцев*

ФГБУ ВО «Брянский государственный технический университет»,

Россия, Брянск

* v_a_t52@mail.ru

Аннотация

В статье проанализированы виды потерь нефтепродуктов в резервуарах при хранении и причины нарушения их прочности. Изложены требования к организации технического диагностирования. Установлена связь объема потерь из-за отказов (дефектов) с продолжительностью и условиями эксплуатации резервуара. Выбраны наиболее перспективные методы сокращения потерь нег и нефтепродуктов в резервуарах. Предложены способы сокращения эксплуатационных потерь нефтепродуктов в резервуарах и выполнено сравнение их эффективности.

Ключевые слова: потери, нефтепродукт, резервуар, дефект, техническое состояние, диагностика, ремонт, эффективность.

Потери нефти нефтепродуктов в резервуарах при хранении можно разделить на количественные, качественно-количественные и качественные [1, 2]. Большой объем потерь связан с испарением легких фракций, основную долю занимает уайт-спирит 56 % (рисунок 1).

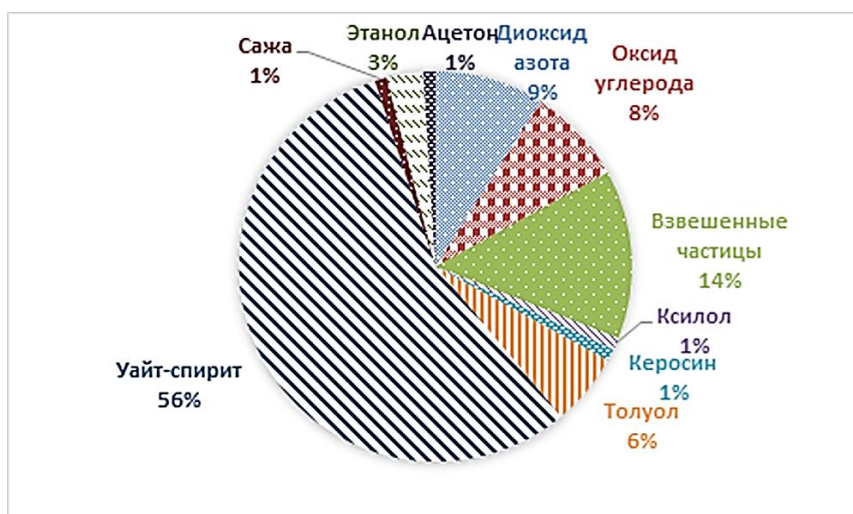


Рисунок 1 – Нефтепродукты, испаряемые в атмосферу из резервуара

Известно [1 - 3], что количественные потери происходят в результате утечек, переливов, неполного слива транспортных емкостей и резервуаров. Эти потери становятся возможными при негерметичности стенок и днищ резервуаров, неисправности запорной арматуры, несоблюдении технологии проведения операций и неисправности контрольно-измерительного оборудования. К ним относят и неполный слив нефтепродуктов.

Качественно-количественные потери происходят при испарении нефтепродуктов. В результате испарения из нефти теряются легкие углеводороды, являющиеся ценным сырьем для нефтеперерабатывающей промышленности. Потери легких фракций снижают качество нефтепродуктов. В наибольшей степени это относится к бензинам, в меньшей степени – к реактивным топливам. Масла, мазуты и смазки практически не испаряются и не теряют качества. В бензинах из-за потерь легких фракций понижаются октановое число и давление насыщенных паров, повышается температура начала кипения и выкипания различных фракций, что ухудшает пусковые качества бензинов, увеличивает расход горючего и износ двигателя. Утрата легких фракций снижает качество нефтепродуктов. Потери, обусловленные испарением, возникают при выводе паровоздушной смеси из газового объема резервуаров и транспортных контейнеров в окружающую атмосферу в результате – потери от «больших дыханий», «малых дыханий» [2], «обратный выдох») [3]. Качественные потери возникают в результате смешения, загрязнения, обводнения и окисления нефтепродуктов.

Качественные потери возникают в результате смешения, загрязнения, обводнения и окисления нефтепродуктов. Ухудшение качества нефтепродукта в результате смешения происходит при последовательной перекачке разнородных нефтепродуктов по одному трубопроводу, а также при заполнении емкостей, содержащих остатки нефтепродукта других сортов. При этом возможен перевод части нефтепродукта в более низкий сорт [3].

Установлено [4 - 6], что объем потерь из-за отказов тесно связан с продолжительностью эксплуатации резервуара (наработкой). С увеличением наработки возрастает число его отказов. Вид этой зависимости близок к типичной закономерности изменения интенсивности отказа от наработки (рисунок 2).

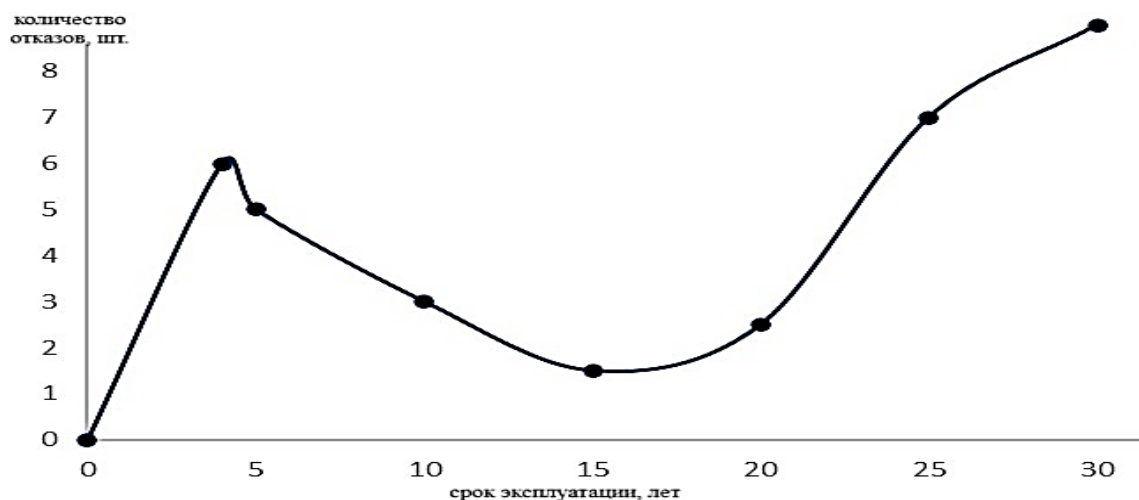


Рисунок 2 – Зависимость отказов резервуаров от продолжительности Эксплуатации

До 10 лет работы резервуара происходит процесс приработки, далее от 11 до 20 лет наблюдается период нормальной эксплуатации, после 20 лет и более – интенсивное увеличение отказов из-за износа и усталости элементов технологических объектов [4].

В процессе длительной эксплуатации основные дефекты возникают от коррозионного износа, осадки основания, что приводит к выходу грунтовых вод. С возрастом они увеличиваются из-за коррозии, износа уплотнений, деформации крыши и ухудшения отражающих свойств краски. Старые резервуары подвержены большому испарению («дыханию») и риску утечек, что увеличивает риски технологических и аварийных потерь.

Важным средством снижения рисков технологических и аварийных потерь является диагностирование технического состояния резервуаров [4, 6]. Последовательность применения технологии проведения визуальной-измерительной диагностики резервуаров представлена на рисунке 3.

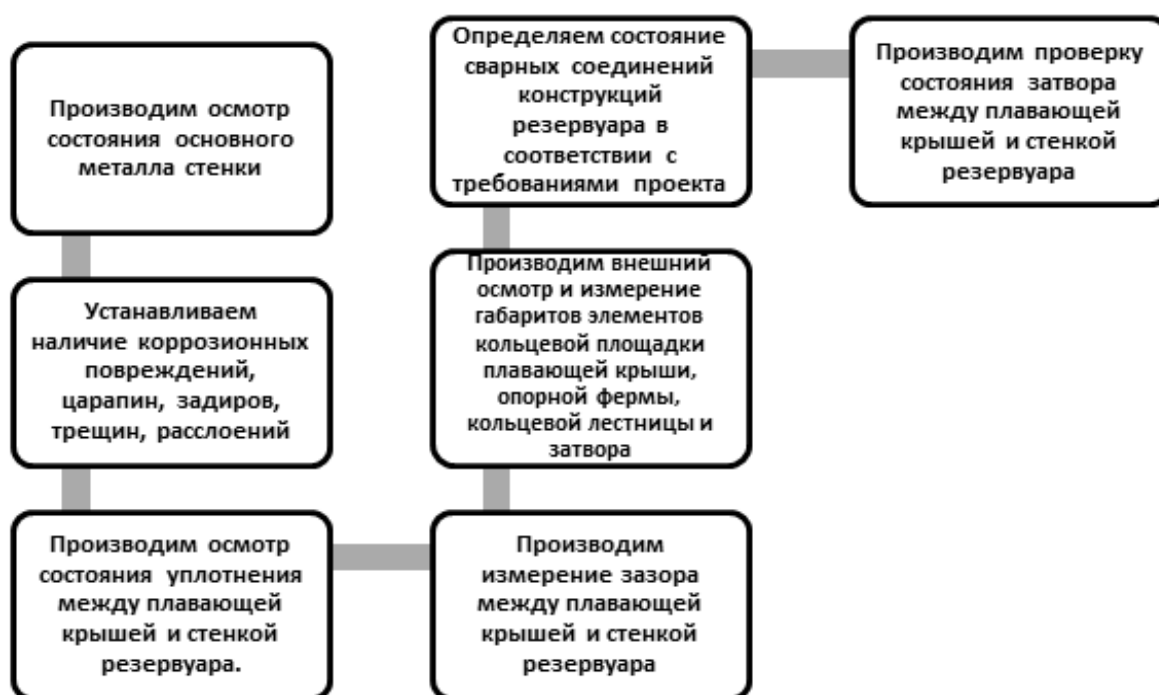


Рисунок 3 – Схема технологии проведения визуально-измерительного контроля резервуаров

Выявленные дефекты подлежат исправления поэтому в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58623-2019 проводятся проверки прочности, устойчивости и герметичности элементов конструкций. Предлагаемая схема проведения испытаний резервуара на герметичность приведена на рисунке 4.

Ряд мероприятий, направленных на сокращение потерь нефтепродуктов при «больших и малых дыханиях» и поддержания требуемого уровня надежности [7] приведен в таблице 1.

Сравнительная эффективность предлагаемых мероприятий носит следующий характер (рисунок 5).

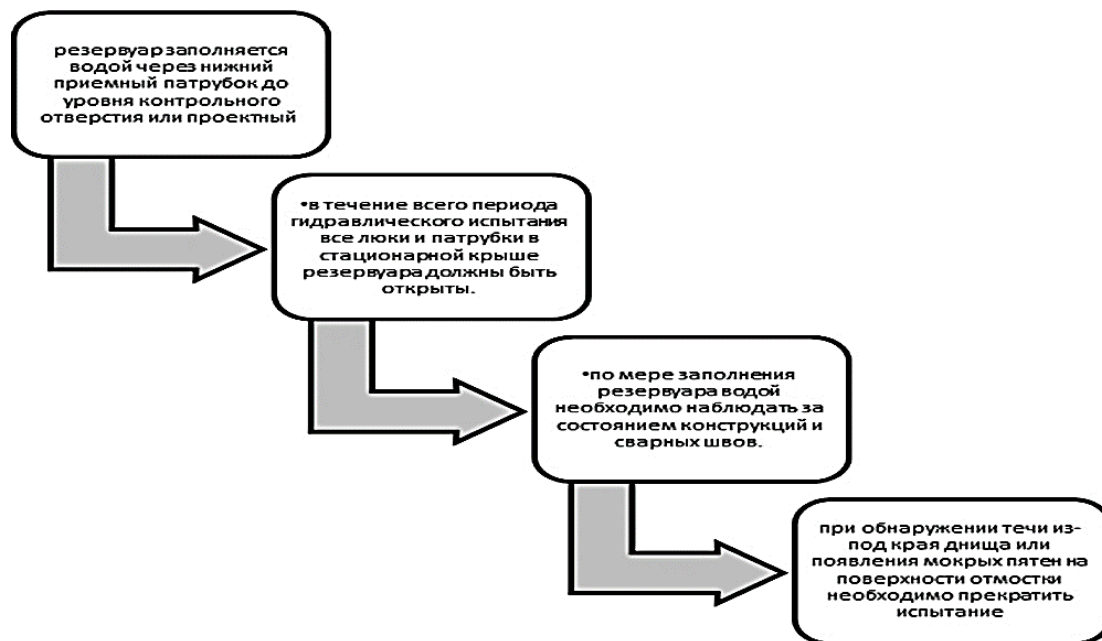


Рисунок 4 – Схема проведения испытаний резервуара на герметичность

Таблица 1 - Виды потерь и мероприятия, способствующие уменьшению потерь нефтепродуктов в резервуарах

Вид потерь	Мероприятия по уменьшению потерь
Потери от испарения при больших «дыханиях» резервуара.	Заполнение резервуара снизу под уровень находящегося в нем продукта, установку возвращающих адсорберов на крыше резервуаров, применение газгольдера, компрессора или насоса для возврата паров топлива обратно в резервуар, установку газовых труб для соединения между собой резервуаров, предназначенных для хранения одного типа нефтепродуктов, а также запрет на проветривание резервуара перед его заполнением.
Специальные технические средства снижения потерь при хранении.	Применение резервуаров, конструкция которых предусматривает уменьшение объема газового пространства или хранение нефтепродуктов под повышенным давлением, применение систем улавливания легких фракций (УЛФ), паров нефти и нефтепродуктов, отражательно-тепловая защита резервуаров для уменьшения отрицательного влияния солнечной радиации с целью сокращения амплитуды колебаний температуры газового пространства.
Теплозащитные мероприятия, уменьшающие влияние солнечной радиации на резервуары.	Окраска наружных и внутренних поверхностей резервуаров, орошение крыш резервуаров, хранение нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов в заглубленных и подземных хранилищах.

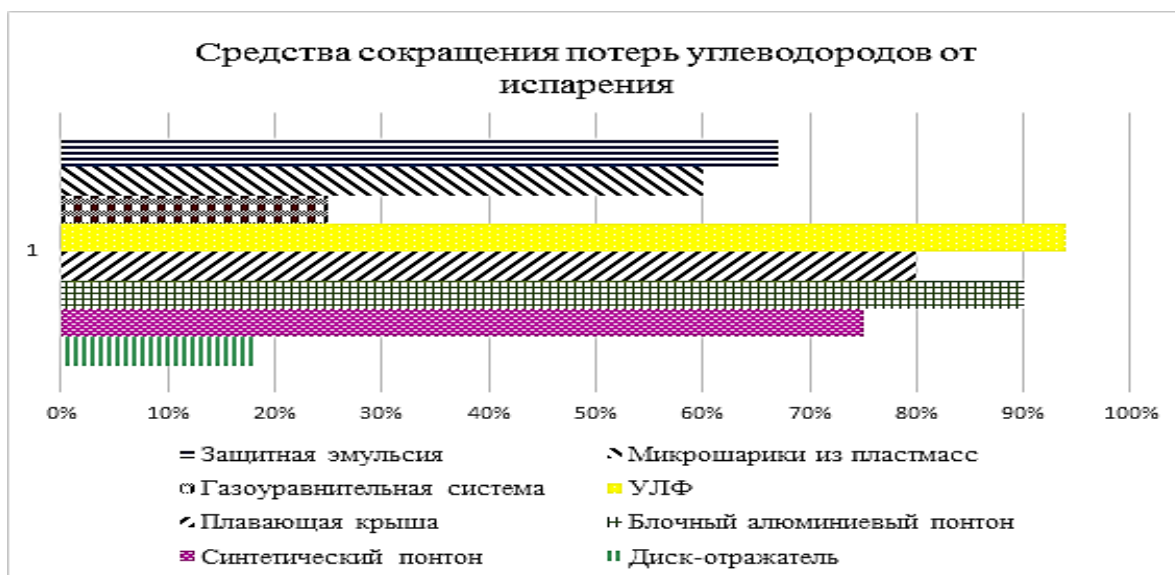


Рисунок 5 – Сравнение эффективности мероприятий по сокращению потерь углеводородов от испарения

Согласно нормативным документам, время выполнения технологических операций, состоящих из: анализа нормативной, проведения визуально-измерительного, акустико-эмиссионного, рентгенографического ультразвукового контроля, расчета стенки резервуара на прочность и устойчивость, составления заключений о возможности дальнейшей эксплуатации и экспертизы заключений, составляет 280 часов. Анализ документации занимает 6 рабочих дней, визуальный осмотр 8, проведение неразрушающих методов контроля 8-14, математические расчеты 1-3 дня, составление экспертного заключения 1-4 дня. Экономические оценки затрат на эти мероприятия представлены на рисунке 6.

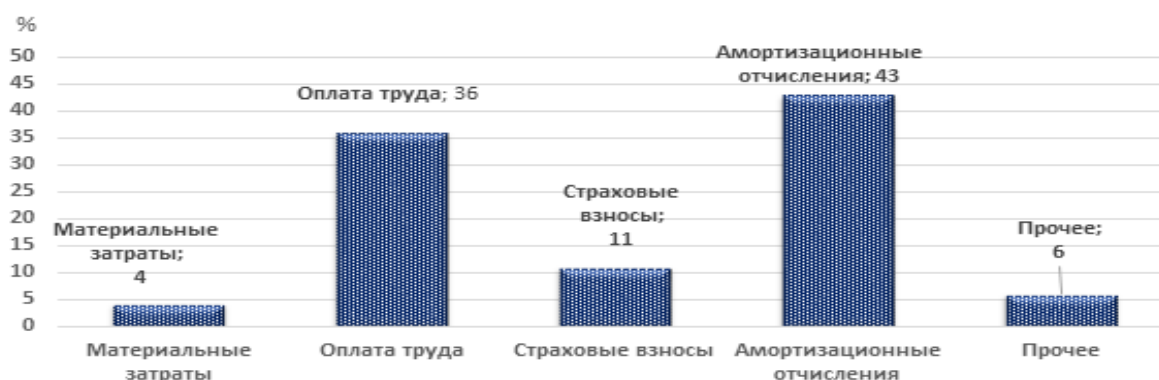


Рисунок 6 – Относительные затраты на снижение потерь в резервуаре для хранения нефтепродуктов

Экономическая оценка затрат на реализацию мероприятий по снижению потерь на примере резервуара РВС 5000 м³ показала, что в зависимости от полноты диагностики и объема ремонтных работ и стоимости оборудования для этих работ, общая сумма затрат на проведение мероприятия будет меняться, но относительные соотношения затрат остаются устойчивыми.

Выводы

1. Проанализированы виды потерь нефтепродуктов в резервуарах при хранении и их причины. На основании анализа исследований представлены основные виды потерь в резервуарах. Рассмотрены количественные, качественно-количественные и качественные потери и установлены их причины. Приведены количественные показатели потерь нефтепродуктов (рис. 1).

2. Установлена связь объема потерь из-за отказов (дефектов) с продолжительностью и условиями эксплуатации резервуара (рис. 2).

3. Предложены схемы визуально-измерительного контроля (рис. 3) и проведения испытаний резервуара на герметичность (рис. 4).

4. Представлены мероприятия, способствующие уменьшению потерь нефтепродуктов в резервуарах и выполнено сравнение их эффективности (рис. 5).

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент подачи статьи в редакцию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Сальников А. В. Потери нефти и нефтепродуктов: учеб. пособие / А. В. Сальников. – Ухта: УГТУ, 2012. – 108 с.
2. Коршак А. А. Прогнозирование потерь нефти и нефтепродуктов от испарения. – Новосибирск: Академиздат, 2022. – 252 с.
3. Гулиев А. Г. Исследование потери углеводородов в системах хранения нефти и нефтепродуктов / А. Г. Гулиев // Мировая наука. – 2021. – №3(48). – С. 37-42.
4. Татаринцев В. А. Анализ рисков и обоснование уровня надежности элементов трубопроводного транспорта / В. А. Татаринцев // Нефтегазовый терминал: сборник научных трудов Междунар. научн.-техн. конф. имени профессора Н. А. Малюшина. Под общ. ред. М. А. Александрова. – Тюмень, 2021. – С. 171-178.
5. Абрамян С. Г. Характерные дефекты и повреждения, снижающие эксплуатационную надежность стальных вертикальных резервуаров / С. Г. Абрамян, О. В. Бурлаченко [и др.] // Инженерной вестник Дона. – 2022. – №3 (87) – С. 260-269.
6. Федосов А. В. Диагностирование вертикальных стальных резервуаров как инструмент повышения безопасности эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли / А. В. Федосов, Н. Х. Абдрахманов, Н. В. Вадулина [и др.] // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – 2019. – № 12. – С. 75–81.
7. Татаринцев В. А. Обоснование рационального уровня надежности элементов трубопроводного транспорта / В. А. Татаринцев, А. В. Васильев // Нефтегазовый

терминал: сборник материалов Междунар. научн.-техн. конф. – Тюмень: ТИУ, 2022. – С. 202-207.

Analysis of Measures to Reduce Oil Product Losses in Storage Tanks

Alexander Dmitrievich Sidorenko, Vyacheslav Aleksandrovich Tatarintsev*

Bryansk State Technical University,

Bryansk, Russia

* v_a_t52@mail.ru

Abstract

This article analyzes the types of oil product losses in storage tanks and the causes of their strength loss. Requirements for organizing technical diagnostics are outlined. A relationship is established between the volume of losses due to failures (defects) and the duration and conditions of tank operation. The most promising methods for reducing oil and oil product losses in storage tanks are selected. Methods for reducing operational losses of oil products in storage tanks are proposed, and their effectiveness is compared.

Keywords: losses, petroleum product, tank, defect, technical condition, diagnostics, repair, efficiency.

МАШИНОСТРОЕНИЕ, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, ТРАНСПОРТ

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_79

Научная статья

УДК 69.002.5

ГРНТИ 67.17.23

ВАК 2.1.7, 2.1.8

Автоматизация работы строительных машин

Андрей Александрович Пантелеев¹, Наталья Игоревна Федосеенко²,
Александр Васильевич Картыгин^{3*}

*Филиал ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова» в г. Новороссийске,
Новороссийск, Россия*

² fedoseenko_natal@mail.ru ^{3*} aleksandr-kartygin@yandex.ru

Аннотация

Строительная отрасль находится на пороге технологической революции. Автоматизация работы строительных машин перестаёт быть футуристической концепцией и превращается в реальность, которая уже меняет подходы к проектированию, возведению и эксплуатации объектов. Рост рынка умной строительной техники, оцениваемый в 2025 году темпами CAGR ((англ. Compound annual growth rate) — совокупный среднегодовой темп роста) 12,8 % на глобальном уровне свидетельствует о системном характере трансформации. При этом наиболее динамично рынок автоматизированной техники развивается в Китае (CAGR 17,3 %) и Индии (CAGR 16,0 %), где масштабные инфраструктурные программы стимулируют внедрение цифровых технологий.

В России с 2026 года «ДОМ.РФ Технологии» планирует масштабное внедрение автономных строительных систем, включая беспилотные экскаваторы, бульдозеры, катки, роботы - каменщики, дроны - инспекторы и т. д.

Ключевые слова: строительная отрасль, строительная техника, автоматизация, автоматизация работы строительной техники.

Одним из условий технического прогресса в настоящее время является постоянное совершенствование рабочего процесса, ускорение выполнения производственных задач. Для этого должны быть решены вопросы комплексной автоматизации машин и производственных процессов, что приведет к снижению расхода производственных и трудовых ресурсов. Развитие современных технологий имеет тенденцию широкого использования автоматизированных производственных систем [1 - 4].

История развития строительной техники представляет собой постепенный переход от простой механизации физического труда к интеллектуальным системам, способным принимать самостоятельные решения. Если первые экскаваторы и бульдозеры лишь усиливали мускульную силу оператора, то современные машины оснащаются сложнейшими сенсорными комплексами, системами позиционирования и

вычислительными модулями, позволяющими выполнять задачи с минимальным участием человека.

Пионером в области автономной строительной техники стала горнодобывающая отрасль. Компания Komatsu внедрила системы автономного транспорта (AHS — Autonomous Haulage Systems), которые продемонстрировали принципиальную возможность работы тяжёлой техники без операторов в кабинах. Этот опыт стал фундаментом для распространения автоматизации на общестроительные работы.

По данным аналитиков, в 2025 году полуавтономные системы занимают доминирующую долю рынка. Объем автономной строительной техники составлял около 15,58 млрд долларов США и, как ожидается, будет расти со среднегодовым темпом роста более 9 % в период с 2026 по 2035 год. Это объясняется сбалансированным подходом к вопросу: автоматизация повышает эффективность и безопасность, но оператор сохраняет контроль в сложных или нестандартных ситуациях.

Наиболее активно автоматизация внедряется в дорожном строительстве. Этот сегмент обеспечивает большой процент использования автономного оборудования. Автогрейдеры, асфальтоукладчики и материалобработывающие машины выполняют работы на магистралях с минимальным человеческим контролем, что обусловлено относительно предсказуемой средой и чёткими геометрическими параметрами дорожных проектов.

Дорожное строительство лидирует по внедрению автоматизации благодаря относительно простым и повторяющимся операциям:

- автогрейдеры и бульдозеры с системами автоматического профилирования выполняют работы по подготовке основания с минимальным участием оператора;
- на асфальтоукладчиках и катках автоматизированные системы обеспечивают равномерность укладки и оптимальное число проходов уплотнения;
- фрезы и рециклеры работают в составе автоматизированных комплексов;
- роботы для разметки автономно наносят разметку на бетонные покрытия по цифровым чертежам, исключая ручные измерения;
- роботы для демонтажа, дистанционно управляемые или автономные машины, разрушают конструкции, обеспечивая безопасность персонала;
- роботы-каменщики выполняют кладку стен по заданным алгоритмам с постоянной скоростью и точностью;
- роботы-помощники (типа Boston Dynamics Spot) доставляют инструменты в труднодоступные или опасные зоны.

Еще одним неотъемлемым элементом автоматизации строительных процессов стали дроны. Их применение охватывает все этапы строительства:

- на этапе проектирования аэросъёмка позволяет создавать цифровые модели территории, ортофотопланы, изучать ландшафтные особенности и прогнозировать природные изменения;
- в процессе строительства они отслеживают занятость работников, контролируют объёмы выполненных работ, выявляют отклонения от проекта;
- на этапе приёмки проводят облёт площадки, выполняют фото- и видеосъёмку, лазерное сканирование для создания цифровых двойников готовых объектов;
- дроны с тепловизионными камерами выявляют дефекты конструкций, потери тепла, протечки и неисправности электросистем.

Современные строительные машины оснащаются комплектами датчиков, обеспечивающих всестороннее восприятие окружающего пространства. Ключевыми компонентами автоматизированных машин являются:

- лидары (LiDAR) – это лазерные сканирующие системы, создающие точные трёхмерные карты местности. Лидар способен формировать цифровые модели объектов со скоростью нескольких миллионов точек в секунду, что позволяет осуществлять не только навигацию, но и контроль соответствия выполненных работ проектной документации. В условиях строительной площадки, где пыль, осадки и изменение освещённости создают сложности для оптических систем, лидары демонстрируют высокую надёжность;

- камеры и системы компьютерного зрения обеспечивают распознавание объектов, анализ текстур поверхностей и определение границ рабочей зоны. Современные нейронные сети позволяют машинам различать типы грунтов, обнаруживать препятствия и идентифицировать персонал на площадке. Компания Deere представила на выставке CES 2025 второе поколение автономного комплекта, объединяющего продвинутое компьютерное зрение и нейронные сети для восприятия окружения и принятия решений в реальном времени;

- GPS и системы позиционирования обеспечивают геопривязку с сантиметровой точностью. Интеграция с инерциальными измерительными модулями позволяет поддерживать точность позиционирования даже при временной потере спутникового сигнала, например, в условиях плотной застройки или под навесами;

- ультразвуковые и радарные датчики дополняют картину вблизи машины, обеспечивая обнаружение препятствий на коротких дистанциях, что критически важно для безопасности;

- искусственный интеллект (ИИ) выступает «мозгом» автоматизированных строительных машин. Алгоритмы машинного обучения обрабатывают потоки данных с сенсоров, принимают решения о траектории движения, выборе режимов работы и взаимодействии с другими машинами.

Особую роль ИИ играет в прогнозном техническом обслуживании. Системы анализируют температуру и давление гидравлических жидкостей, а также рабочие параметры трансмиссии и силовой установки, выявляя отклонения и предсказывая отказы компонентов этих механизмов и систем за 2–4 недели до их наступления. Согласно исследованию в «Production Planning & Control» (Alrabghi & Tiwari, 2015), автоматизация ТОиР может увеличить производительность на 20–30 % [5].

В России, согласно исследованию Сколково и «ДОМ.РФ Технологии», уже 17% цифровых решений в строительстве используют искусственный интеллект, а в ближайшие три года этот показатель достигнет 50 % [6].

Технология Интернета вещей (IoT) занимает одну из ведущих позиций среди технологий умной строительной техники. Объем IoT-рынка к концу текущего года вырастет до \$599,39 млрд. В ближайшие несколько лет объем рынка Интернета вещей будет расти в геометрической прогрессии к 2030 году, по прогнозам, вырастет до \$1,5 трлн [7]. IoT обеспечивает удалённый мониторинг, диагностику неисправностей и управление активами через обмен данными между машинами и централизованными системами в реальном времени.

Телематические платформы собирают информацию о наработке, расходе топлива, поведении оператора, местоположении и техническом состоянии. Эти данные позволяют оптимизировать использование парка, снижать эксплуатационные расходы и повышать прозрачность операций. Объем мирового рынка телематики для тяжелого оборудования в 2025 году оценивался в 1,45 млрд долларов США, а к 2033 году, как ожидается, он достигнет 3,84 млрд долларов США при среднегодовом темпе роста 12,90 % в течение прогнозируемого периода [8].

Цифровые двойники — виртуальные реплики физических объектов — расширяют своё применение от проектирования зданий (BIM) до управления жизненным циклом отдельных машин. Цифровой двойник экскаватора или бульдозера объединяет телематические данные, историю инспекций, записи о техническом обслуживании и условия эксплуатации для моделирования будущей производительности и оптимизации графиков обслуживания.

В контексте автоматизации цифровые двойники строительных площадок выступают «коллективным разумом», объединяющим детальные визуальные представления объекта с данными от машин в реальном времени. Интеграция цифровых двойников с ИИ, дронами, робототехникой и аналитикой позволяет принимать более обоснованные решения, повышать производительность и снижать риски возникновения аварийных ситуаций.

Вместе с тем масштабное внедрение автоматизации сталкивается с серьёзными барьерами - фрагментацией и низким качеством данных, отсутствием отраслевых стандартов, регуляторной неопределённостью и необходимостью организационных изменений. Преодоление этих препятствий требует системного подхода - одновременного развития технологий машин и цифровой зрелости строительных площадок.

Для систематизации подходов к автоматизации строительных машин специалисты предложили матрицу «5×5», которая оценивает технологическую зрелость с двух сторон: уровня автономности машины и уровня цифровизации строительной площадки.

По оси X (уровень автономности машины) выделяются пять ступеней:

- первая ступень - ассистирующие системы (основную работу выполняет оператор, система выполняет отдельные операции);
- вторая ступень - частичная автоматизация (машина управляет определёнными операциями, оператор выполняет оставшиеся и контролирует процесс);
- третья ступень - условная автоматизация (система управляет большинством операций, оператор вмешивается при необходимости);
- четвертая ступень - высокая автоматизация (машина работает автономно в большинстве условий, оператор осуществляет контроль за работой машины);
- пятая ступень - полная автономность (система самостоятельно принимает решения без участия человека).

По оси Y (уровень цифровизации площадки) также выделяются пять уровней от базовых трёхмерных проектных данных до полностью оптимизированного автоматизированного планирования строительства.

Ключевой вывод о данной модели состоит в том, что технологическое совершенство отдельной машины недостаточно для реализации её потенциала. Даже самый продвинутый автономный экскаватор не сможет эффективно работать на площадке с низким уровнем цифровой зрелости процессов. Поэтому автоматизация должна развиваться синхронно — и на уровне машин, и на уровне организации строительного производства.

Повышение автоматизации строительных машин приводит к положительным тенденциям:

- автономное оборудование способно работать практически круглосуточно с минимальными перерывами на техническое обслуживание или подзарядку, что приведет к повышению производительности;
- трудозатраты составляют до 30 % общей стоимости строительного проекта, поэтому даже скромное повышение эффективности от автоматизации существенно влияет

на прибыль. Кроме того, автономные машины оптимизируют расход топлива (или электроэнергии), снижают количество ошибок и долю переделок;

- точность автоматизированных систем позволяет выполнять работы в соответствии с проектными параметрами с первого раза, что сокращает общую продолжительность строительства. Международный опыт показывает, что дроны и роботы сокращают сбой графика производства на четверть и ускоряют строительство на 15–20 % [9];

- решение кадрового дефицита. В условиях нехватки квалифицированных операторов автоматизация позволяет выполнять объёмы работ, которые иначе оказались бы невозможными. Это особенно актуально для удалённых регионов и сложных климатических условий.

В тоже время автоматизация строительных машин приводит к отрицательным тенденциям:

- отсутствие чётких нормативных рамок для применения автономной техники на строительных площадках создаёт неопределённость. Вопросы ответственности при авариях с участием автономных машин, требования к квалификации персонала, обеспечивающего надзор, и стандарты безопасности требуют законодательного урегулирования;

- переход к автоматизации требует изменения организационных процессов и корпоративной культуры. Работники могут воспринимать внедрение роботов как угрозу занятости. Необходимы программы переобучения операторов в операторов-наблюдателей и технических специалистов по обслуживанию автономных систем.

Заключение

Автоматизация работы строительных машин представляет собой необратимый технологический тренд, переопределяющий отрасль.

От ассистирующих систем, облегчающих труд оператора, к полностью автономным машинам, способным самостоятельно принимать решения - этот путь уже пройден в горнодобывающей промышленности и активно осваивается в общем строительстве.

Ключевыми драйверами внедрения выступают дефицит квалифицированной рабочей силы, необходимость повышения производительности и безопасности, а также требования экологической устойчивости.

Развитие технологической базы - сенсоры, искусственный интеллект, телематика и цифровые двойники — все это достигло этапа зрелости, позволяющей организовать коммерческое применение автономных решений.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент передачи статьи в редакционную коллегию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Автоматизация процессов в строительной отрасли / М. А. Головачев и др.// Содействие профессиональному становлению личности и трудоустройству молодых специалистов в современных условиях: Сборник материалов XV Международной научно-практической

конференции. В 2-х частях, Белгород, 23 ноября 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 116-121. – EDN ILGOMZ.

2. Нищук, И. Ф. Оптимизация рабочего процесса бульдозера путем внедрения интеллектуальной системы управления. / И. Ф. Нищук и др. // Сборник трудов VI международной научно-практической конференции «Инженерно - техническое образование и наука» (г. Новороссийск, 7–10 апреля 2026 г.) – Новороссийск: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2026. – С. 39.

3. Применение информационных технологий при модернизации конструкции дорожных катков / М. Н. Ягодкин и др. // Содействие профессиональному становлению личности и трудоустройству молодых специалистов в современных условиях: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Белгород, 20 января 2026 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2026. – С. 157-167. – EDN XVFXOS.

4. Черевань, М. Э. Повышение эффективности дорожно-строительной техники установкой ГЛОНАСС устройств / М. Э. Черевань и др. // Молодёжный вестник Новороссийского филиала Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2025. – Т. 5, № 1(17). – С. 25-36. – DOI 10.51639/2713-0576_2025_5_1_25. – EDN TJCQCW.

5. Новая эра поддержки оборудования: Автоматизация ТОиР и ее важность для современных предприятий / reshape.ru // <https://reshape.ru/articles/tpost/g5a1yfy0e1-novaya-era-podderzhki-oborudovaniya-avto?ysclid=mp325pxbm7547957538> (дата обращения: 07.05.2026). – Текст: электронный

6. ДОМ. РФ внедрит автономные строительные системы с 2026 года / cifrastroy.ru/news // <https://cifrastroy.ru/news/domrf-vnedrit-avtonomnye-stroitelnye-sistemy-s-2026-goda?ysclid=mp3097gzxr647794452> (дата обращения: 07.05.2026). – Текст: электронный

7. Обзор российского рынка Интернета вещей (IoT) / www.it-world.ru // <https://www.it-world.ru/it-news/o1e5vkkz8ao4s4o00s4g8wckok884o0.html?ysclid=mp30j6fuy3945867923> (дата обращения: 08.03.2026). – Текст: электронный

8. Анализ размера, доли и тенденций мирового рынка телематики для тяжелого оборудования – Обзор отрасли и прогноз до 2033 года / www.databridgemarketresearch.com// <https://www.databridgemarketresearch.com/ru/reports/global-heavy-equipment-telematics-market?ysclid=mp31dl4hwo338403173> (дата обращения: 09.03.2026). – Текст: электронный

9. Тренды в строительстве 2026: что изменится в отрасли?/ www.sarex.io// <https://www.sarex.io/media/articles/trendy-v-stroitelstve-2026-chto-izmenitsya-v-otrasli?ysclid=mp31plrjzd90632541> (дата обращения: 09.03.2026). – Текст: электронный

Automation of construction machines operation

Andrey Aleksandrovich Panteleev¹, Natalya Igorevna Fedoseenko²,

Alexander Vasilievich Kartigin^{3*}

Branch of the FGBOU VO “Belgorod State Technological University

named after V.G. Shukhov” in Novorossiysk,

Novorossiysk, Russia

² fedoseenko_natal@mail.ru ^{3*} aleksandr-kartygin@yandex.ru

Abstract

The construction industry is on the threshold of a technological revolution. Automation of construction equipment is no longer a futuristic concept but a reality that is already changing approaches to the design, construction, and operation of facilities. The growth of the smart construction equipment market, estimated at a compound annual growth rate (CAGR) of 12.8 % globally in 2025, demonstrates the systemic nature of this transformation. The most dynamically developing automated equipment markets are in China (CAGR 17.3 %) and India (CAGR 16.0 %), where large-scale infrastructure programs are stimulating the adoption of digital technologies. In Russia, starting in 2026, DOM.RF Technologies plans to implement large-scale autonomous construction systems, including unmanned excavators, bulldozers, rollers, mason robots, inspection drones, etc.

Keywords: construction industry, construction equipment, automation, automation of construction equipment.

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_86

Научная статья

УДК 628.4.038

ГРНТИ 55.01.91

ВАК 2.5.21

**Переработка вторичного полиэтилентерефталата в дорожные ограждения:
техническое, технологическое решение, экономическое обоснование окупаемости**

Дмитрий Игоревич Пролеев ^{1*}, Александр Геннадьевич Ульянов ²,
Александр Васильевич Картыгин ³

*Филиал ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова» в г. Новороссийске,
Новороссийск, Россия*

^{1*} dnsklent19062017@gmail.com, ² al-gen@yandex.ru,
³ aleksandr-kartygin@yandex.ru

Аннотация

В данной работе рассмотрена проблема обращения с твёрдыми коммунальными отходами (ТКО) на примере полигона «Терра-Н» в г. Новороссийске, исчерпавшего свою проектную вместимость. Предложена технологическая линия по переработке вторичного пластика, преимущественно полиэтилентерефталата (ПЭТ) в готовые изделия – временные дорожные ограждения. Проведён анализ существующих решений на рынке оборудования, выполнены расчёты производительности и экономической эффективности для пессимистичного сценария. Показано, что внедрение линии на базе готового комплекса от компании «Полимех» позволяет перерабатывать до 720 т/мес. ПЭТ отходов, обеспечивая годовую чистую прибыль около 108 млн. руб., срок окупаемости составляет 1,2 года и рентабельность инвестиций 76 %. Предложенное решение снижает экологическую нагрузку на полигон и даёт значительный экономический эффект для региона.

Ключевые слова: вторичное сырьё, переработка пластика, технологическая линия, экологическая безопасность, полиэтилентерефталат, твёрдые коммунальные отходы.

Современные города сталкиваются с проблемой накопления твёрдых коммунальных отходов, значительную долю которых составляет пластик.

По данным Министерства природных ресурсов Краснодарского края, полигон ТКО «Терра-Н» (гора Щелба) в г. Новороссийске исчерпал проектную вместимость ещё в 2023 г., а к концу 2024 г. на нём накоплено около 2 млн. тонн отходов [1].

Полигон продолжает расширяться, периодически возникают задымления и оползни, что создаёт угрозу для здоровья жителей и окружающей среды [2, 3].

Реконструкция объекта запланирована до конца 2026 г. с бюджетом 1,2 - 1,3 млрд. руб., однако это лишь временная мера – объём ТКО неуклонно растёт, и без внедрения альтернативных методов переработки экологическая ситуация безусловно будет ухудшаться.

Одним из перспективных направлений является переработка пластиковых отходов во вторичные гранулы и последующее изготовление из них полезных изделий – дорожных барьеров, контейнеров, строительных элементов. Такие технологии не только снижают объём захоронения, но и создают экономические предпосылки для окупаемости за счёт реализации готовой продукции.

Целью данной работы является разработка технологической линии по переработке вторичного пластика и обоснование её рентабельности на примере г. Новороссийска с учётом реальных объёмов отходов и рыночных цен.

Материалы и методы

Исследование проводилось на основе анализа данных о состоянии полигона «Терра-Н», опубликованных в региональных СМИ и официальных источниках [1 - 3], в также изучения технических характеристик оборудования для переработки ПЭТ, представленных российскими производителями [5 - 7]. Для расчёта производительности использовались среднестатистические данные о доле ПЭТ в общей массе ТКО (3-12 %, принято 5 %) и проектной мощности полигона (160 тыс. т/год). Экономическая оценка выполнена по пессимистичному сценарию с учётом затрат на электроэнергию, обслуживание, заработную плату, транспорт и налоги. Для определения срока окупаемости и рентабельности применялись стандартные методы дисконтирования и анализа инвестиционных проектов.

Результаты

1. Определение требуемой производительности

Проектная мощность полигона составляет 160 тыс. т/год, что соответствует 13333 т/мес. При доле ПЭТ-отходов 5 % ежемесячный объём сырья достигает 666 т. С учётом неизбежных потерь и простоев оборудования необходимая производительность линии должна быть не менее 700 т/мес. Исходя из этого, выбрана конфигурация из 5 технологических линий производительностью 1000 кг/ч каждая, что даёт общий выход 720 т/мес. (запас 54 т/мес.) [4].

2. Технологическая схема линии

Предлагаемая линия включает следующие этапы:

- сбор и предварительная сортировка – пластик собирается в специализированные контейнеры, организованные в рамках раздельного сбора ТКО;
- удаление этикеток – осуществляется с помощью воздушных разделителей PZO-VR1000 (3 шт., производительность 400 кг/ч каждый), которые отделяют лёгкие примеси (бумага, плёнка) от основного сырья;
- измельчение – роторная дробилка ИРП-100ПЭТ (размер загрузочного окна 780×500 мм) обеспечивает дробление до фракций 10-15 мм;
- предварительная мойка – ванны флотации PZO-VF302 (3 шт., 600 кг/ч) отделяют тонущие загрязнения (песок, стекло) и удаляют основную часть грязи;
- горячая мойка – установки PZO HW-70 (2 шт., 600 кг/ч) при температуре 70-80°C удаляют остатки клея и этикеток;
- сушка – каскад циклонов (2 шт., производительность по воздуху 6000 м³/ч) обеспечивает сушку сырья до остаточной влажности не более 1%;
- грануляция – экструдер-гранулятор CL8160 (производительность до 3000 кг/ч) превращает очищенные хлопья в однородные гранулы диаметром ~10 мм;

- формовка изделий – вакуумно-формовочный станок НТ-2100 (поле формования 1900×1900) позволяет производитель дорожные барьеры BDR-1.2.

Технические характеристики оборудования и его стоимость представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основное оборудование технологической линии (на 5 линий)

Этап	Оборудование	Кол-во	Производительность (ед./ч)	Стоимость, млн. руб. (за ед.)	Общая стоимость, млн. руб.
Удаление этикеток	PZO-VR1000	3	400 кг	0,64	1,92
Измельчение	ИПП- 1000ПЭТ	2 (1 резерв)	1000 кг	4,50	9,00
Предварительная мойка	PZO-VF302	3	600 кг	2,10	6,30
Горячая мойка	PZO HW-70	2	600 кг	3,00	6,00
Сушка	Каскад циклонов	2	6000 м ³ /ч	0,70	1,40
Грануляция	CL8160	2 (1 резерв)	3000 кг	8,90	17,80
Формовка	НТ-2100	2 (1 резерв)	-	0,34	0,68
Транспортировка	Ленточные конвейеры	9	-	1,00	9,00
Итого					52,10

Примечание: в расчёте не учтены монтаж и пусконаладка, для варианта «под ключ» используются готовые комплексы поставщиков [5 - 7].

3. Выбор оптимальной комплектации

Анализ рынка показал, что закупка отдельных единиц оборудования требует значительных инвестиций (около 282,5 млн. руб. с учётом 5 линий) и длительного срока окупаемости (2,6 года). Более эффективным является использование готовых технологических линий от отечественных производителей. Рассмотрены 2 варианта:

- Подольский завод оборудования (ПЗО) – стоимость одной линии 25,44 млн. руб. (без формовщиков), с учётом 5 линий и формовочных станков – 130 млн. руб. Срок окупаемости 1,1 года, ROI 86,6 %;

- компания «Полимех» - комплекс производительностью 2000 кг/ч стоит 46,46 млн. руб., для обеспечения 666 т/мес. требуется 3 линии (общая производительность 6000 кг/ч). С учётом 6 формовщиков (по 2 на линию) общие инвестиции составляют 141,42 млн. руб.

Сравнение ключевых показателей приведено в таблице 2.

Расчёт выполнен в пессимистичном сценарии, заложены расходы на электроэнергию, простой оборудования и ежегодный рост тарифов. При этом цена барьера BDR-1.2 принята существенно ниже рыночной (рыночная цена в 2026 г. составляет 2646 - 4122 руб./шт.) [8 - 10], что гарантирует конкурентоспособность и высокий спрос.

Таблица 2 – Экономические показатели для варианта «Полимех» (3 линии по 2000 кг/ч)

Показатель	Значение
Годовой выпуск барьеров (шт.)	192000
Цена реализации (с НДС 20%), руб./шт.	1500
Выручка с НДС, млн. руб./год	288,00
Выручка без НДС, млн. руб./год	240,00
Операционные затраты (зарплата, энергия, обслуживание, аренда, транспорт, налоги), млн. руб./год	132,36
Чистая прибыль, млн. руб./год	107,64
Инвестиции, млн. руб.	141,42
Срок окупаемости, лет	1,2 (1 год 3 мес.)
ROI, %	76,1
Рентабельность продаж, %	44,8

Заключение

Проведённое исследование подтверждает экономическую целесообразность создания технологической линии по переработке вторичного пластика в г. Новороссийске. Предложенная схема на базе оборудования компании «Полимех» позволяет перерабатывать до 720 т/мес. ПЭТ-отходов, что полностью покрывает ежемесячный поток данного вида сырья на полигоне «Терра-Н».

Экономические расчёты показывают, что даже при пессимистичном прогнозе проект окупается за 1,2 года, обеспечивая годовую чистую прибыль около 108 млн. руб. и рентабельность инвестиций 76 %.

Внедрения такой линии даст двойной эффект:

- экологический – сокращение объёма захоронения пластика, снижение пожароопасности и загрязнения почвы и грунтовых вод;
- экономический – создание новых рабочих мест, снижение тарифов на вывоз ТКО за счёт уменьшения объёмов, поступающих на полигон, и получение прибыли от реализации продукции.

Основные результаты работы были представлены на международной молодёжной школе «Инженерия-XXI» и опубликованы в её сборнике трудов [4].

Дальнейшее совершенствование технологии может быть направлено на расширение номенклатуры выпускаемых изделий (контейнеры, строительные панели) и увеличение доли перерабатываемых полимеров (ПНД, ПВД). Предложенные решения могут быть масштабированы на другие муниципальные образования с аналогичной проблемой переполненных полигонов.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент передачи статьи в редакционную коллегию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Подымова Е. В Новороссийске закрыли проблемный мусорный полигон на горе Щелба: сайт. — Новороссийск, 2026. — URL: <https://93.ru/text/incidents/2026/01/16/76218131> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
2. Пост в сообществе «Новая газета в Новороссийске»: сайт. — Новороссийск, 2026. — URL: https://vk.com/ngnov?v=wall-67393150_720233 (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
3. Полигон в Новороссийске: сайт. — Новороссийск, 2016. — URL: <https://novorossiysk.bezformata.com/listnews/poligon-v/154914641/> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
4. Пролеев Д.И., Ульянов А.Г., Картыгин А.В. Разработка технологической линии по переработке изделий из вторичного пластика и обоснование её рентабельности // Инженерия - XXI: сборник трудов международной молодёжной школы. — Новороссийск: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2026. — С. 62-63. — DOI: 10.51639/2713-0601_2026_62. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=91577276> (дата обращения: 18.07.2026). — Текст: электронный.
5. Линии переработки ПЭТ: сайт. — Москва, 2026. — URL: <https://7greenline.ru/linii-pererabotki-pet> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
6. Кудрявцев Д. Поставка оборудования для упаковочной и перерабатывающей индустрии: сайт. — Москва, 2026. — URL: <https://www.eximpact.com> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
7. Атласмаш. Производитель оборудования для рециклинга: сайт. — Москва, 2026. — URL: <https://atasmash.ru> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
8. Пластиковые ограждения для дорожных работ купить в Себеже с доставкой в Москву и всей РФ: сайт. — Москва, 2026. — URL: <https://инвет.рус/dorozhnye-ograzhdeniya> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
9. Полиэтилентерефталат: сайт. — Москва, 2023. — URL: <https://bigenc.ru/c/polietilentereftalat-9a28b4> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.
10. О переработке ПЭТ: сайт. — Москва, 2026. — URL: <https://ekoprozess.ru/blog/o-pererabotke-pet/> (дата обращения: 28.02.2026). — Текст: электронный.

Recycling secondary PET into road barriers: technical and technological solutions, economic justification of payback

Dmitry Igorevich Proleev^{1*}, Alexander Gennadievich Ulyanov^{2*},
Alexander Vasilievich Kartigin³
*Branch of the FGBOU VO “Belgorod State Technological University
named after V.G. Shukhov” in Novorossiysk,
Novorossiysk, Russia*

^{1*} dns klient19062017@gmail.com, ² al-gen@yandex.ru,

³ aleksandr-kartigin@yandex.ru

Abstract

This paper addresses the problem of municipal solid waste management using the example of the Terra-N landfill in Novorossiysk, which has exhausted its design capacity. A technological line for recycling secondary plastics (mainly PET) into finished products – temporary road barriers – is proposed. An analysis of existing equipment solutions on the market was carried out, and calculations of productivity and economic efficiency for a pessimistic scenario were performed. It is shown that implementing a line based on a ready-made complex from the company "Polimekh" allows processing up to 720 t/month of PET waste, providing an annual net profit of about 108 million rubles, a payback period of 1.2 years, and an ROI of 76 %. The proposed solution reduces the environmental burden on the landfill and yields a significant economic effect for the region.

Keywords: secondary raw materials, plastic recycling, processing line, environmental safety, polyethylene terephthalate, municipal solid waste.

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_92

Научная статья

УДК 621.86

ГРНТИ 55.53.09

ВАК 2.6.17

Перспективы применения металломатричных композитов и гибридных материалов в дорожно-строительном машиностроении

Дмитрий Андреевич Удачин ^{1*}, Александр Геннадьевич Ульянов ²
*Филиал ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» в г. Новороссийске,
Новороссийск, Россия*

^{1*} udachinfmk@mail.ru, ² al-gen@yandex.ru

Аннотация

В статье рассмотрены металломатричные композиты (ММК) и гибридные материалы как перспективное направление развития материаловедения для дорожно-строительного машиностроения.

Выполнен анализ механических свойств алюмоматричных композитов, армированных частицами карбида кремния (SiC) и карбида бора (B₄C), в моно- и гибридных схемах армирования.

Проведены расчёты удельной прочности и удельного модуля упругости. Показано, что гибридные композиты демонстрируют синергетический эффект, обеспечивая повышение прочности на 7 – 10 % и твёрдости до 23 % по сравнению с моноармированными системами. Обсуждаются технологические методы получения ММК и перспективы их применения в узлах трения и нагруженных элементах дорожно-строительной техники.

Ключевые слова: металломатричные композиты, гибридные материалы, алюминиевая матрица, карбид кремния, карбид бора, удельная прочность, армирование, дорожно-строительная техника.

Введение

Металломатричные композиционные материалы (ММК) представляют собой гетерофазные системы, в которых металлическая матрица служит связующим элементом для более твёрдых и жёстких армирующих фаз — керамических частиц, волокон или их комбинаций (рисунок 1). Такая архитектура обеспечивает сочетание пластичности и вязкости металлической матрицы с высокой твёрдостью, износостойкостью и жёсткостью армирующих включений [1].

В дорожно-строительной технике узлы трения, рабочие органы и несущие конструкции подвергаются постоянным интенсивным механическим нагрузкам и абразивному износу.

Применение ММК позволяет существенно повысить износостойкость, снизить массу конструкций и увеличить интервалы необходимые для их ремонта. Особый интерес

представляют гибридные композиты, позволяющие реализовать синергетический эффект, превосходящий свойства моно-армированных материалов [2].

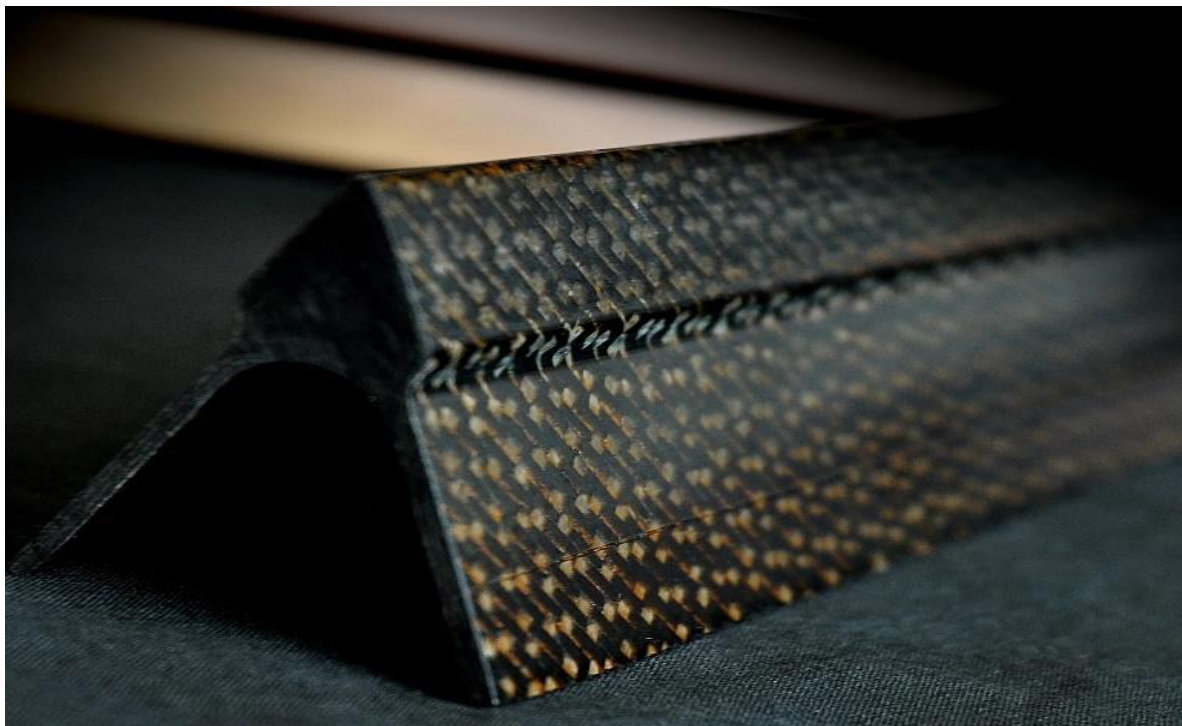


Рисунок 1 – Металломатричный композит

В БГТУ им. В.Г. Шухова в рамках стратегического проекта «Функциональные полимерные и керамические композиционные материалы» ведутся активные исследования в области создания композиционных материалов. Учёными университета получены экспериментальные образцы композиционного металлокерамического покрытия для режущего инструмента на основе порошка самофлюсующегося никель-железного сплава с добавлением карбида бора [3].

Металломатричные композиты

Технология создания ММК заключается во введении в металлическую матрицу армирующих компонентов (алюминий, титан, медь или сталь), керамических частиц (карбид кремния, оксид алюминия), либо волокон. Существует несколько методов производства: порошковая металлургия; жидкофазные технологии; аддитивные методы [1, 4].

Механизм упрочнения заключается в том, что армирующие частицы воспринимают основную нагрузку, а металлическая матрица обеспечивает вязкость и перераспределение напряжений. В результате ММК демонстрируют уникальное сочетание характеристик: высокую удельную прочность, повышенную износостойкость и сохранение механических свойств при повышенных температурах. Для объективной оценки эффективности ММК необходимо сравнивать удельные характеристики, отнесённые к плотности материала.

Плотность композита рассчитывается по правилу смесей. Результаты расчётов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Удельные характеристики алюмоматричных композитов

Материал	ρ , г/см ³	σ в, МПа	Е, ГПа	σ уд, МПа·см ³ /г	Е уд, ГПа·см ³ /г
Алюминий (чистый)	2,70	90	69	33,3	25,6
Сплав 6063	2,70	240	69	88,9	25,6
Al/20%SiC	2,80	372	99	132,9	35,4
Al/40%SiC	~2,90	538	~120	185,5	41,4
Конструкционная сталь	7,85	550	200	70,1	25,5

Гибридные материалы

Отдельного внимания заслуживают гибридные материалы, представляющие собой комбинацию разнородных материалов на макроуровне (рисунок 2).

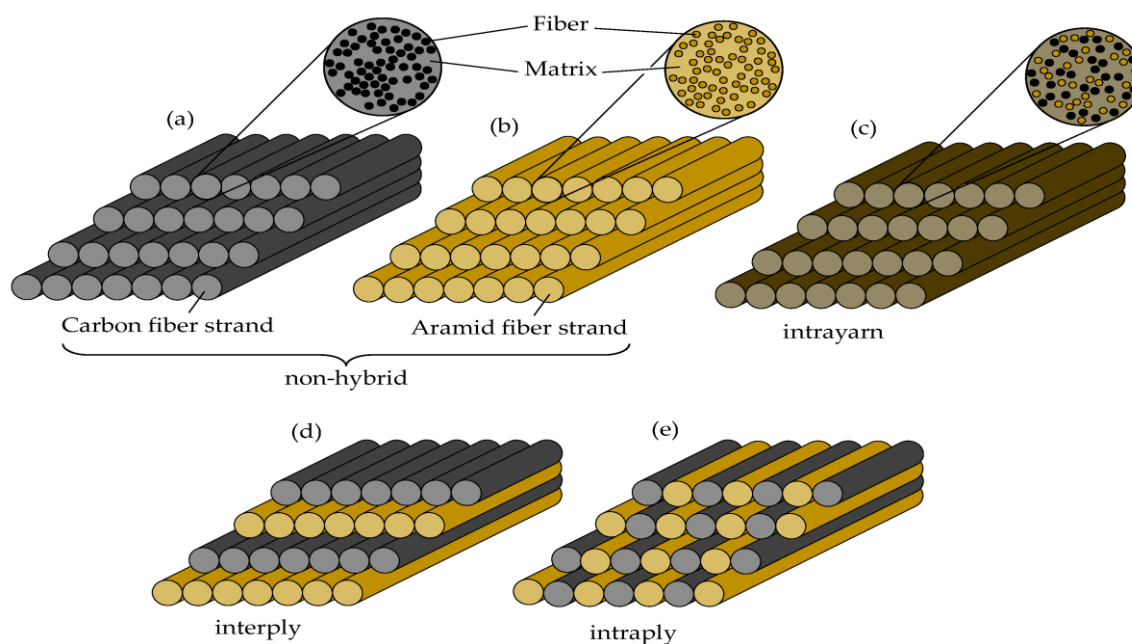


Рисунок 2 – Гибридные материалы

К ним относятся биметаллические отливки, сэндвич-панели с легким наполнителем и волокнно-металлические ламинаты, где чередуются слои металла и композита. Такие структуры позволяют достичь синергетического эффекта, превосходящего свойства их отдельных компонентов [2, 4].

Упрочнение ММК определяется несколькими механизмами:

- механизм Орована — твёрдые частицы препятствуют движению дислокаций;
- термическое несоответствие — различие коэффициентов термического расширения матрицы ($\alpha_{Al} \approx 23 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) и частиц ($\alpha_{SiC} \approx 4,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) приводит к возникновению полей остаточных напряжений и генерации геометрически необходимых дислокаций. Этот механизм вносит доминирующий вклад в упрочнение;
- несоответствие модулей упругости — более жёсткие частицы ($E_{SiC} \approx 400 \text{ ГПа}$) воспринимают большую долю нагрузки;
- дисперсионное упрочнение — при использовании наноразмерных частиц.

С увеличением объёмной доли армирующей фазы вклад механизмов термического несоответствия и несоответствия модулей возрастает, однако при этом наблюдается снижение пластичности [5].

К примеру, в 2024 году в международном журнале "Polymers" опубликовано исследование, посвященное созданию композитного материала на основе отходов штамповки стали, встроенных в полипропиленовую матрицу.

Полученный композит PPLK продемонстрировал несущую способность на 11 % выше суммы показателей отдельных компонентов.

В 2023 году в трудах Саратовского государственного технического университета опубликован анализ применения композиционных материалов в мостостроении, рассматривающий вопросы реконструкции железобетонных сооружений с использованием композитов для повышения прочностных характеристик.

Фактическое применение в наши дни

В патентной документации Caterpillar описываются композитные зубья экскаваторов, которые представляют собой стальную основу с запрессованным или залитым износостойким вкладышем из металломатричного композита (карбид/сталь). Суть технологии в том, что зубья изготавливаются не из однородного материала, а по гибридной схеме: массивная стальная часть обеспечивает прочность и вязкость, а рабочая поверхность, контактирующая с грунтом, выполнена из сверхтвёрдого композита. Это позволяет увеличить ресурс зуба без существенного удорожания всего изделия.

В зарубежных патентах также встречаются описания зубьев, полностью изготовленных из ММК.

В России активно развивается направление упрочнения рабочего оборудования металлокерамическими покрытиями. Например, рассматривается способ карбовибродуговой наплавки, при котором на режущие кромки ковшей и элементы гусеничных систем наносятся металлокерамические порошковые материалы. Это позволяет значительно увеличить ресурс деталей, эксплуатируемых в абразивной среде, что особенно актуально для дорожно-строительных машин [3].

В США была разработана технология MetPreg — алюминиевый металломатричный композит, армированный непрерывными волокнами оксида алюминия. По заявлению разработчиков, этот материал имеет прочность стали при весе алюминия. Он позиционируется как идеальное решение для создания сверхлегких гидравлических домкратов и переносных подъемников, используемых в полевых условиях.

Использование композитных материалов для производства гидроцилиндров является перспективным направлением для снижения веса строительной техники

(экскаваторов, автовышек). Однако, по имеющимся данным, в этой области чаще рассматриваются более дорогие углепластики (CFRP), а не ММК. Тем не менее, сама постановка задачи снижения веса гидравлических компонентов подтверждает высокий спрос на легкие и прочные материалы в отрасли.

В автомобильной промышленности ММК используются для производства тормозных дисков. Основное преимущество — значительное снижение массы (по сравнению с чугуном) при сохранении или улучшении теплоотводящих свойств и износостойкости. Для тяжелой техники это особенно актуально, так как снижение неподрессоренных масс положительно сказывается на ходовых качествах и ресурсе подвески.

Перспективы

В данном направлении есть огромные перспективы, например ожидается интеграция аддитивных технологий с традиционными методами, такими как 5-осевая фрезеровка, что позволит расширить возможности производства и повысить его гибкость. Разрабатываются новые технологии для печати деталей на больших поверхностях, что откроет новые горизонты для производства крупномасштабных компонентов. Наиболее актуальным и перспективным является внедрение систем цифрового хранения моделей деталей, что позволит отказаться от использования физических прототипов, повысив эффективность производственных процессов.

ММК на основе алюминия с SiC обладают высокой теплопроводностью (170 – 180 Вт / м·К), износостойкостью и способностью сохранять свойства при повышенных температурах.

Замена серого чугуна (плотность 7,2 г/см³) на алюмоматричный композит позволяет снизить массу тормозного диска в 2,5 раза.

Поршни гидроцилиндров, направляющие втулки и плунжерные пары из ММК демонстрируют повышенную износостойкость и коррозионную стойкость [4, 6].

Зубья ковшей, режущие кромки дорожных фрез могут быть выполнены с использованием биметаллических технологий — стальная основа с наплавленным слоем ММК.

Высокая удельная прочность ММК позволяет увеличить критическую скорость вращения валов при снижении их массы.

Заключение

На основе анализа научных данных и результатов исследований, проводимых в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова, проведена сравнительная оценка свойств металломатричных композитов (ММК) на основе алюминиевой матрицы, армированной частицами карбида кремния (SiC) и карбида бора (B₄C).

Установлено, что введение частиц SiC позволяет повысить предел прочности на 55–120 % и модуль упругости в 1,4 – 2,0 раза. Удельная прочность композита Al / 40 % SiC (185,5 МПа·см³/г) в 2,6 раза превышает аналогичный показатель конструкционной стали, что обеспечивает снижение массы деталей в 2–3 раза при сохранении несущей способности.

Гибридные композиты Al / SiC / B₄C демонстрируют синергетический эффект: повышение прочности на 7 – 10 %, твёрдости до 23 % и модуля упругости до 16 % по

сравнению с моно-армированными системами, однако при этом снижается пластичность материала.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку технологий получения крупногабаритных деталей, оптимизацию составов гибридных систем и создание методов неразрушающего контроля качества [7].

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент передачи статьи в редакционную коллегию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Шошев, Ф. Л. Особенности получения алюмоматричного композиционного материала методом селективного лазерного сплавления / Ф. Л. Шошев, И. А. Богачев, Д. И. Сухов. – Текст: электронный // Труды ВИАМ. – 2023. – № 11. – С. 66–76. – DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-11-66-76. – URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 30.07.2026).
2. Серпова, В. М. Гибридные металлические композиционные материалы на основе алюминиевых сплавов (обзор) / В. М. Серпова, Д. В. Сидоров, А. Н. Няфкин, Е. И. Курбаткина. – Текст: электронный // Труды ВИАМ. – 2021. – № 3. – С. 68–77. – DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-3-68-77. – URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 30.07.2026).
3. Матюхин, П. В. Перспективы создания современных высококонструкционных радиационно-защитных металлокомпозиов / П. В. Матюхин, В. И. Павленко, Р. Н. Ястребинский, Ю. М. Бондаренко. – Текст: электронный // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2018. – № 4. – С. 138–142. – URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 30.07.2026).
4. Бхарати, П. Механические характеристики и износостойкость гибридных металломатричных композитов Al/SiC и Al/SiC/B₄C, полученных методом порошковой металлургии / П. Бхарати, Т. Сампатх Кумар. – Текст: электронный // Силикон (Silicon). – 2023. – № 10. – С. 4259–4275. – На англ. яз. – URL: <https://link.springer.com> (дата обращения: 30.07.2026).
5. Крючков, Д. И. Влияние всестороннейковки в условиях кратковременной ползучести на структуру и механические свойства алюмоматричного композита Al7075/10SiCr / Д. И. Крючков, А. В. Нестеренко, С. В. Смирнов, Н. Б. Пугачева, Д. И. Вичужанин, Т. М. Быкова. – Текст: электронный // Физика металлов и металловедение. – 2021. – Т. 122, № 10. – С. 1054–1064. – URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 30.07.2026).
6. Морозов, Н. Ф. Создание алюмоматричного композита с улучшенными механическими свойствами за счёт направленного регулирования химического состава поверхности армирующей дисперсной фазы / Н. Ф. Морозов, Е. Г. Земцова, В. К. Кудымов, П. Е. Морозов, Б. Н. Семенов, Д. В. Юрчук, В. М. Смирнов. – Текст: электронный // Деформация и разрушение материалов. – 2024. – № 3. – С. 2–10. – URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 30.07.2026).
7. Удачин Д.А., Ульянов А.Г. Применение современных конструкционных материалов в дорожно-строительной технике // Инженерия - XXI: сборник трудов международной молодёжной школы. — Новороссийск: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2026. — С. 66-67. — DOI: 10.51639/2713-0601_2026_66. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=91577276> (дата обращения: 18.08.2026). — Текст: электронный.

The prospects for the use of metal matrix composites and hybrid materials in road and construction machinery engineering

Dmitry Andreevich Udachin ¹, Alexander Gennadyevich Ulyanov ²

*Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov" in Novorossiysk
Novorossiysk, Russia*

^{1*} udachinfmk@mail.ru, ² al-gen@yandex.ru

Abstract

This article examines metal-matrix composites (MMCs) and hybrid materials as a promising area for the development of materials science for road construction engineering. An analysis of the mechanical properties of aluminum-matrix composites reinforced with silicon carbide (SiC) and boron carbide (B₂C) particles in mono- and hybrid reinforcement configurations is provided. Calculations of the specific strength and specific modulus of elasticity are also performed. Hybrid composites are shown to exhibit a synergistic effect, providing a 7–10 % increase in strength and up to 23 % in hardness compared to mono-reinforced systems. Technological methods for producing MMCs and the potential for their application in friction units and loaded components of road construction equipment are discussed.

Keywords: metal matrix composites, hybrid materials, aluminum matrix, silicon carbide, boron carbide, specific strength, reinforcement, road construction equipment.

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_99

Научная статья

ББК 39.311

ВАК 2.1.8

УДК 625.7/.8

Обзор машин для ремонта асфальтобетонных покрытий

Максимилиан Эдуардович Черевань ¹, Наталья Игоревна Федосеенко ^{2*},
Александр Васильевич Картыгин ³

*Филиал ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова» в г. Новороссийске,
Новороссийск, Россия*

¹ macs.cherevan22@gmail.com, ^{2*} fedoseenko_natal@mail.ru,

³ aleksandr-kartygin@yandex.ru

Аннотация

В данной статье мы рассмотрели актуальные типы специализированной техники, применяемой для ремонта асфальтобетонных дорожных покрытий в условиях значительного роста транспортных нагрузок в России.

В ходе произведённого научного анализа были выявлены ключевые особенности, преимущества и области применения современных машин, таких как мобильные асфальтобетонные заводы, дорожные фрезы, ресайклеры-стабилизаторы, интеллектуальные катки и установки для ямочного ремонта. Также отметили их важность в поддержании работоспособности дорожной сети.

Ключевые слова: ремонт дорожных покрытий, асфальтобетон, дорожная техника, мобильный АБЗ, холодная фреза, ресайклер, стабилизатор грунта, дорожный каток, ямочный ремонтёр.

Распоряжением Правительства России № 768-р от 31 марта 2025 года утвержден шестилетний план дорожной деятельности в РФ. Согласно этому документу за 2025–2030 годы планируется построить и реконструировать свыше 1,9 тыс. км федеральных (из них 1,4 тыс. км силами Федерального дорожного агентства) и 1,7 тыс. км региональных трасс, в том числе порядка 900 км дорог на сельских территориях [1]. Этот рост обусловлен как общей экономической активностью, так и перераспределением грузопотоков в сторону автомобильного транспорта из-за проблем с железнодорожной логистикой. Прогнозируется дальнейший ежегодный рост рынка автогрузоперевозок на 13,6 % [2].

Увеличение грузопотока и числа автомобилей предъявляет повышенные требования к надежности дорожного полотна. Однако даже качественное покрытие подвержено износу от нагрузок, климата и времени.

В этих условиях оперативный и качественный ремонт нынешних покрытий становится не менее важным, чем строительство новых дорог, а его эффективность напрямую зависит от применения современного парка специализированных машин [2].

Мобильные асфальтобетонные заводы (АБЗ)

Мобильные АБЗ (рисунок 1), представляют собой компактные передвижные установки, смонтированные на шасси или платформах для быстрой передислокации между объектами [2]. Их ключевое преимущество – это возможность организации производства асфальтобетонной смеси непосредственно у места проведения ремонтных работ или укладки покрытия. Это кардинально сокращает логистические издержки и решает проблему доставки горячей смеси, предотвращая ее остывание и потерю качества.

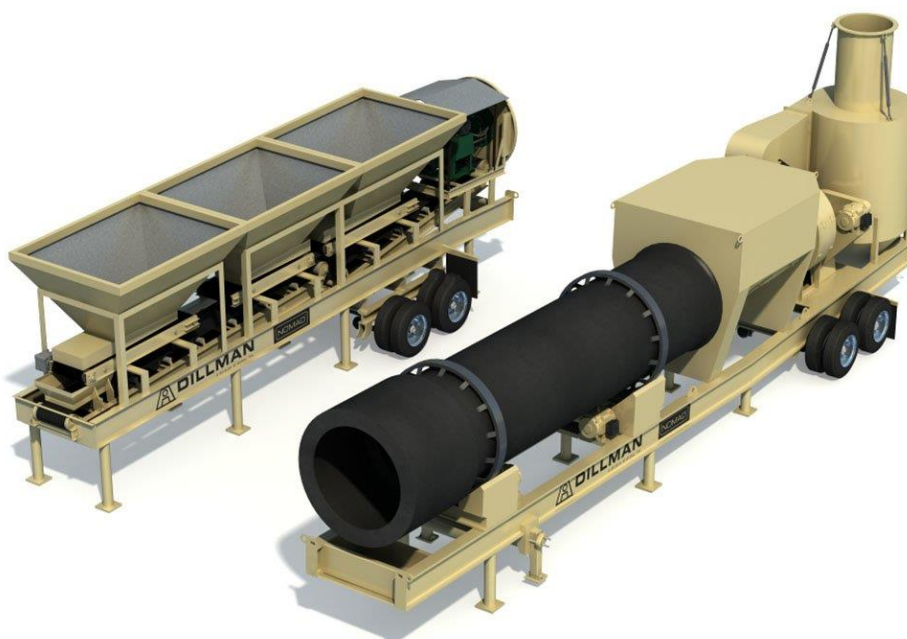


Рисунок 1 – Мобильный асфальтобетонный завод

Конструктивные особенности мобильного АБЗ - модульная сборка основных узлов (сушильный барабан, смеситель, горелка) в единый блок, обеспечивающая простоту монтажа и автономность работы при наличии сырья и подключении к электросети [3].

Они обладают гибкостью и адаптируются под производство различных типов смесей (горячие, холодные, пористые).

Производительность варьируется от 10 до 120 тонн в час, цикл приготовления одной партии составляет 45-60 секунд [3].

В качестве топлива обычно используются дизель, газ или мазут.

Основные области применения мобильных АБЗ:

- ремонт дорожных покрытий (ямочный ремонт, устранение выбоин);
- строительство и ремонт второстепенных дорог;
- создание временных подъездных путей.

Также существуют мини-АБЗ (рисунок 2) производительностью от 3 до 30 тонн в час, отличающиеся еще большей мобильностью и отсутствием необходимости в фундаменте [3].



Рисунок 2 – Мини-АБЗ

Дорожные фрезы (холодные фрезы)

Холодные фрезы - незаменимые машины для подготовки основания под ремонт (рисунок 3). Они предназначены для послойного снятия (фрезерования) поврежденных слоев асфальтобетонных или цементобетонных покрытий [4]. Фрезерование может быть локальным (при ямочном ремонте) или полным (при реконструкции дорожного полотна).

Современные фрезы характеризуются широким диапазоном рабочих параметров:

- ширина фрезерования от 300 мм до 6000 мм;
- глубина фрезерования обычно 60-320 мм, в отдельных случаях до 500-600 мм;
- рабочая скорость до 30-40 м/мин;
- производительность до 60-95 п.м. покрытия в минуту [4].

Холодное фрезерование асфальта обладает рядом достоинств:

- безотходность (при срезке образуется асфальтовая крошка);
- равномерность среза позволяет установить точную глубину фрезерования;
- шероховатость срезанной поверхности позволяет хорошо сцепить новый асфальт со старым [4].

Также существует горячее фрезерование, которое используется в редких случаях и полностью вытеснено технологией холодной срезки. Оно требует предварительно нагреть асфальт с помощью горелок, придав ему эластичность и сделав более мягким.

Среди основных недостатков горячей технологии:

- высокая цена. Полотно нагревается горелками, работающими на топливе (газе, бензине или керосине). При большом объеме срезки потребности в топливе возрастают;



Рисунок 3 - Холодная фреза

- большое количество отходов. При горячей срезке асфальт склеивается в большие куски, не образуется асфальтовой крошки. Отходы затруднительно утилизировать и перерабатывать;

- неравномерная глубина срезки [4].

В России требования к холодным фрезам регламентированы ГОСТ 31556-2012 [4]. Высокая точность снятия слоя обеспечивается современными системами автоматического контроля глубины и профиля.

Ресайклеры-стабилизаторы (на примере Bomag MPH 122-2)

Ресайклеры-стабилизаторы — это multifunctional машины, решающие задачи восстановления дорожной одежды. Модель Bomag MPH 122-2 (рисунок 4) является ярким примером такой техники [5].

Принцип работы ресайклера-стабилизатора разделим на две части:

- как ресайклер машина измельчает изношенные слои асфальта, смешивая полученный материал (асфальтовая крошка) со связующими (битумная эмульсия, цемент, известь, пена-битум) непосредственно на месте работ. Это позволяет создать новое прочное основание или покрытие с использованием переработанного материала;

- как стабилизатор грунта машина смешивает верхние слои грунта со стабилизирующими добавками (цемент, известь, зола) для укрепления основания перед укладкой покрытия или засыпкой траншей.



Рисунок 4 – Ресайклер-стабилизатор Bomag MPR 122-2

Ключевые особенности и преимущества ресайклера-стабилизатора Bomag MPR 122-2 состоят в:

- высокой маневренности и эффективности работы в стесненных условиях;
- мощности и надежности, так как турбодизельный двигатель с автоматической регулировкой мощности и защитой от перегрузок, гидравлические насосы, обеспечивают машине стабильную работу;
- продуманной эргономике: просторная кабина оператора с круговым обзором (сиденье поворачивается на 90°), удобная панель управления, система фильтрации воздуха;
- безопасности системы защиты корпуса, автоматической блокировке ротора и аварийном торможении;
- ремонтпригодности, открытом доступе к узлам для обслуживания и ремонта, снижающем простой и затраты [5].

Интеллектуальные дорожные катки (на примере Ammann ARS)

Современные катки, такие как модели Ammann ARS 200 (рисунок 5) и ARS 220, оснащены передовыми системами, кардинально повышающими качество и эффективность уплотнения асфальтобетона [6].

Технологические инновации серии ARS:

- гидростатический привод с планетарными редукторами (заменяет традиционный задний мост, обеспечивая высокое тяговое усилие (преодоление уклонов до 60 %);
- система AmmannTractionControl (ATC) интеллектуально координирует крутящие моменты на колесах, предотвращая пробуксовку;
- асимметричная подвеска вальца способствует равномерному распределению уплотняющего усилия и увеличению срока службы амортизаторов;



Рисунок 5 – Дорожный каток Ammann ARS 200

- система ACEforce обеспечивает определение степени уплотнения покрытия в режиме реального времени, минимизируя количество необходимых проходов и исключая переуплотнение;

- эргономичная кабина ROPS дает низкий уровень шума (<82 дБ), отличный обзор, многофункциональный дисплей на рулевом колесе, поворотное сиденье оператора с интегрированным джойстиком управления [6].

Оборудование для ямочного ремонта (на примере MADPATCHER)

Для оперативного устранения локальных повреждений применяются высокотехнологичные установки, такие как ямочный ремонтер MADPATCHER (рисунок 6), работающий по методу пневмонабрызга (струйно-инъекционному методу) [7].

Принцип и этапы работы ямочного ремонтера MADPATCHER представлен на рисунке 7.

Преимущества MADPATCHER:

- высокая скорость и экономичность (ремонт в 3 раза быстрее и в 2 раза дешевле традиционных методов фрезерование-укладка-уплотнение), а движение открывается сразу после ремонта;

- автономность и простота (работает один оператор), не требуется предварительной подготовки выбоины;

- универсальность монтажа, может устанавливаться на кузов самосвала (быстроремный вариант) или на шасси/прицеп (стационарный);



Рисунок 6 - Ямочный ремонтёр MADPATCHER



Рисунок 7 – Принцип работы и этапы

- надежность (конструкция из стали с трехслойным антикоррозионным покрытием, применение комплектующих мировых брендов (Kubota, Danfoss, Siemens, Alfa Laval));
- эффективная система подогрева эмульсии, двухэтапный подогрев (газовая горелка и теплообменник от двигателя);
- удобное управление, когда все основные регулировки вынесены на пульт оператора, смонтированный на гидравлической стреле [7].

Заключение

Рост транспортных нагрузок на дорожную сеть России диктует необходимость применения высокоэффективных технологий и специализированной техники для ремонта асфальтобетонных покрытий.

Современные мобильные АБЗ, высокоточные фрезы, многофункциональные ресайклеры-стабилизаторы, интеллектуальные катки и установки для инновационного ямочного ремонта позволяют выполнять восстановительные работы быстро, качественно, с минимальным перекрытием движения и использованием рециклинга материалов. Их использование напрямую влияет на восстановление несущей способности покрытий, продление межремонтных сроков службы и оперативное устранение опасных дефектов. Инвестиции в развитие и обновление парка такой техники являются критически важным условием для поддержания надежности, безопасности и функциональности транспортной инфраструктуры страны в условиях постоянно возрастающих требований.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент подачи статьи в редакцию, у них отсутствовал конфликт интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Россавтодор. До конца 2030 года в России планируется построить и реконструировать более 3,7 тыс. км автомобильных дорог – Текст электронный // Россавтодор – 2026. – URL: <https://rosavtodor.gov.ru/press-center/news/archive-news/713293> (дата обращения 25.06.2026);
2. Ботев А.А. Дороги под нагрузкой – Текст электронный // ДОРИНФО – 2025. – URL: <https://dorinfo.ru/stat/analitika/dorogi-pod-nagruzkoj/> (дата обращения 25.06.2026);
- 2 SDM-SAM.ru: [сайт] – 2024. - URL: <https://sdm-sam.ru/articles/chem-otlichaetsya-mobilnyj-abz-ot-stacionarnogo/> (дата обращения 25.06.2026);
3. СпецАвто.ру: [сайт] – 2020. – URL: <https://specavto.ru/news/obzory/dorozhnaya-freza-klassifikatsiya-istoriya-kharakteristiki/?ysclid=mcdlhxtrtl700556830> (дата обращения 27.06.2025)
4. Raketa-spb.ru: [сайт] – 2021. – URL: <https://raketa-spb.ru/chto-takoe-frezerovanie-asfalta-i-kak-ego-pravilno-provodit/> (дата обращения 25.06.2026);
5. BOMAG.by: [сайт] – 2025. – URL: <https://bomag.by/index.pl?act=PRODUCT&id=33&ysclid=mcdlo69qgl776064814> (дата обращения 25.06.2026);

6. PEREVOZKA24.ru: [сайт]– 2019. – URL: <https://perevozka24.ru/pages/obzor-gruntovyh-katkov-brendy-modeli-osobennosti-konstrukcii> (дата обращения 27.06.2025);

7. MADROG.ru: [сайт] – 2025. – URL: <https://madrog.ru/catalog/dorozhnye-remontery/yamochnyy-remonter-pnevmonabryzgom/> (дата обращения 27.06.2025).

Overview of machines for repairing asphalt concrete pavements

Maksimilian Eduardovich Cherevan¹, Natalia Igorevna Fedoseenko^{2*},

Aleksandr Vasilyevich Kartygin³

*Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov" in Novorossiysk
Novorossiysk, Russia*

¹ macs.cherevan22@gmail.com, ^{2*} fedoseenko_natal@mail.ru,

³ aleksandr-kartygin@yandex.ru

Abstract

In this article, we examined the current types of specialized equipment used for asphalt concrete road repair in Russia, amidst the significant increase in traffic loads. Our scientific analysis identified the key features, advantages, and applications of modern equipment, such as mobile asphalt mixing plants, cold milling machines, recycler stabilizers, intelligent rollers, and pothole repair machines. We also noted their importance in maintaining the road network.

Keywords: road surface repair, asphalt concrete, road equipment, mobile asphalt mixing plant, cold milling machine, recycler, soil stabilizer, road roller, pothole repair machine.

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_108

Научная статья

УДК 656.52

ГРНТИ 73.41.15

ВАК 2.5.11

Машины напольного транспорта

Альберт Андреевич Шахматов ¹, Наталья Игоревна Федосеенко ²
Филиал ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова» в г. Новороссийске,
Новороссийск, Россия
² fedoseenko_natal@mail.ru

Аннотация

Машины напольного транспорта являются составной частью процесса транспортирования различных видов грузов.

Ключевые слова: безрельсовый транспорт, безрельсовая складская механизация, вилочные автопогрузчики, электропогрузчики, электрокары, электротягачи.

К широкой категории машин напольного безрельсового транспорта обычно принято относить все средства, самоходные и несамоходные, передвижение которых производится по твёрдой или грунтовой поверхности вне зависимости от наличия рельсовых путей [1].

Они отличаются от железнодорожного подвижного состава высокой манёвренностью и способностью функционировать как в закрытых складских помещениях, так и на открытых производственных территориях. Их ключевое предназначение многогранно, так как это не только горизонтальное перемещение груза, но и его вертикальное штабелирование, буксировка прицепных звеньев, а также проведение всех погрузочно-разгрузочных операций, таких как забор груза с поверхности пола, его подъём и укладка на стеллажные ярусы.

История безрельсовой складской механизации уходит к началу прошлого века, когда стремительный рост индустрии потребовал отказа от ручного труда при перемещении тяжёлых изделий.

Первые примитивные образцы представляли собой ручные тележки с рычажными подъёмниками, однако настоящий прорыв случился в 1920-е годы с появлением бензиновых двигателей, предназначенных для компактных шасси. В Советском Союзе массовое использование напольного транспорта началось в 1930-е годы на фоне строительства гигантов индустрии, а после Второй мировой войны, когда в страну хлынули трофейные немецкие разработки и американская техника по ленд-лизу, отечественное машиностроение получило мощный толчок к их копированию, дальнейшей модернизации и созданию новых образцов.

Погрузчики используются при выполнении грузовых работ на территории складских групп и причальном фронте. Их применяют в трюмах, вагонах, в крытых и открытых складах, эксплуатируя при температурах от -30°C до +40°C [2]. А вилочные автопогрузчики представляют собой отдельный класс самоходных машин, оснащённых двигателем внутреннего сгорания, работающим на жидком, газообразном топливе или

от электродвигателя. Их отличительная черта — наличие передних вилочных захватов, которые могут наклоняться и поднимать груз на значительную высоту. Первый в мире серийно выпускаемый автопогрузчик с двигателем внутреннего сгорания был представлен американской компанией Clark в 1917 году — это была модель Tructractor, созданная для перемещения материалов на заводе Clark (рис. 1).

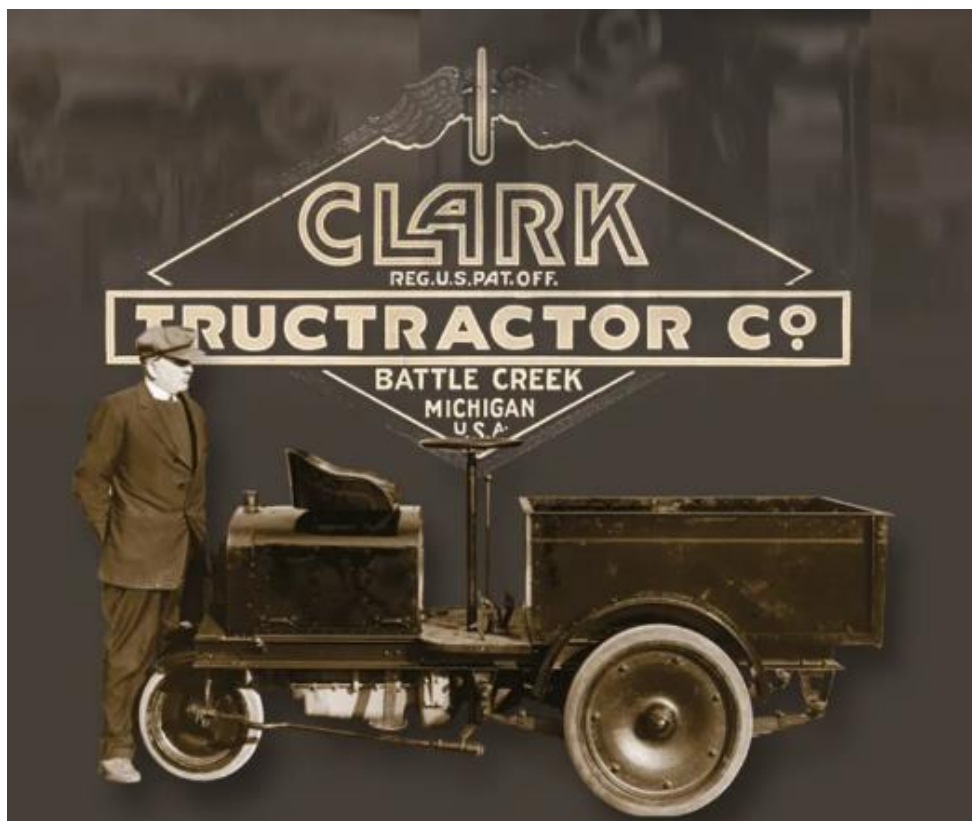


Рисунок 1 – Первый в мире серийный погрузчик Tructractor

Однако настоящий переворот совершила компания Hyster в 1930-е годы, предложив вилочный захват, управляемый гидравликой, что в разы повысило точность позиционирования груза. В СССР производство автопогрузчиков стартовало в 1947 году на заводе в Калининграде (ныне — г. Королёв) с модели 4000, которая была практически точной копией американского Clark. К 1960-м годам советские конструкторы разработали семейство 4045 и 4046, способных работать при температурах до минус 50°C, что сделало их незаменимыми на лесозаготовках и в портах Дальнего Востока. Используемые сейчас автопогрузчики взяли от своих предшественников надёжную рамную конструкцию и механический привод, добавили электронное управление топливоподачей, системами стабилизации груза и автоматические коробки передач.

Они находят применение не только на крупных открытых складских площадках, но и на строительных объектах, и в производственных цехах с высокой грузонапряжённостью. Благодаря мощному силовому агрегату автопогрузчики способны оперировать с тяжёлыми и крупногабаритными грузами, однако их использование внутри помещений ограничено необходимостью эффективной вентиляции от выхлопных газов.

Электропогрузчики — это самоходные транспортные установки на резиновом пневматическом или полиуретановом колёсном ходу, получающие энергию от аккумуляторных батарей. Их главное преимущество перед бензиновыми и дизельными собратьями — экологическая чистота, низкий уровень шума и отсутствие вредных выбросов, что делает их оптимальным решением для работы в закрытых ангарах, магазинных комплексах и продовольственных распределительных центрах. Конструкция электропогрузчиков предусматривает быстросменные грузозахватные приспособления: помимо классических вилок, это могут быть ковши, грейферы, безмены и сталкиватели, что существенно расширяет перечень выполняемых технологических операций — от разгрузки контейнеров до послойного складирования хрупкой продукции.

Идея электрификации погрузочной техники возникла ещё в 1890-е годы, когда первые аккумуляторные тележки появились на немецких железнодорожных вокзалах, однако массовое производство стартовало лишь в 1920-е годы в США с выпуска моделей Yale и Baker, работавших от свинцово-кислотных батарей напряжением 24 вольта (рис. 2).

Основным недостатком самых первых электропогрузчиков была достаточно малая ёмкость аккумуляторов — они выдерживали всего 4–5 часов непрерывной работы, а процесс зарядки занимал более 12 часов.

А по-настоящему дышать полной грудью электропогрузчики начали только в семидесятых годах прошлого века, поскольку тогда инженеры додумались оснастить их тиристорным управлением. У машины появился собственный «мозг» и «чутьё» — она перестала дёргаться, стала плавно трогаться с места и вообще стала тратить на треть меньше электроэнергии, для заводов тех лет это было сродни маленькой революции.



Рисунок 2 – Аккумуляторные тележки

А в Советском Союзе электрическое «сердце» у погрузчиков было львовское. В 1962-м на заводе «Электрон» начали выпускать серию ЭП-103, и они стали настоящими «рабочими лошадками».

Если вы когда-нибудь заглядывали на продуктовый склад или в цех лёгкой промышленности в 70–80-е, то вы не могли не видеть их.

Молчаливые и трудолюбивые, не издающие лишнего шума, они сновали между стеллажами, аккуратно укладывали ящики с консервами и тюки с тканью, и при этом не оставляли после себя ни копоти, ни грязи, ни запаха.

Согласен, они работали гораздо медленнее своих мощных дизельных «коллег», зато рядом с ними можно было дышать спокойно, а продукты не пропитывались выхлопными газами — важный нюанс, согласитесь.

Теперь, конечно, времена другие. На смену свинцовым аккумуляторам, которые тяжело вздыхали уже к вечеру и требовали долгой зарядки, пришли литий-ионные батареи. Современные погрузчики работают без перерыва почти целую смену, по восемь-десять часов, а для зарядки достаточно времени обеденного перерыва - всего полтора-два часа (рис. 3).



Рисунок 3 – Современный электрический погрузчик

Это полностью изменило работу складов. Раньше на больших производствах, где работа не останавливалась ни днём ни ночью, без дизельных машин было не обойтись — электрические просто не вытягивали темп. А теперь? Теперь они пришли и туда. Бесшумные, чистые, не уступающие своим бензиновым и дизельным собратьям ни в силе, ни в выносливости, электропогрузчики, наконец-то, «доросли» до полноценной замены и заняли своё законное место рядом с машинами на ДВС, а где-то и потеснили их.

Знаете, у электрокара, как у человека, есть своя родословная. Если внимательно поискать его корни, то его прапрадедушками были самые обычные грузовые платформы, которые в начале прошлого века рабочие толкали вручную до седьмого пота или впрягали в них лошадей (рис. 4).



Рисунок 4 – Электрокар

Представьте себе заводской цех начала 1900-х, где кругом слышен лязг металла, шипит пар, а по проходам, рабочие перегоняют тяжёлые телеги с деталями. Ужасно медленно, ужасно тяжело. Но пришёл 1901 год, и американцы из компании Riker Electric Motor Company сказали: «А что, если туда поставить мотор?» Так родился первый серийный электрокар. Возможно, вы не поверите, но его первой «работой» была перевозка бочек с пивом и мешков с мукой на различных Нью-йоркских складах.

А в 20-е годы прошлого века конструкторы придумали гениальную по своей простоте трёхколёсную схему, в которой одно колесо стало одновременно и ведущим, и поворотным. Это, как если бы у вас одна нога и крутилась, и шагала в любую сторону. Звучит это, конечно, довольно странно, но на деле оказалось безумно удобно. Электрокары научились буквально «танцевать» в узких проходах, разворачиваться на пятачке, где раньше было возможно только едва протиснуться пешком.

В Советский Союз эта мода пришла с большим опозданием. В 1934-м московский завод «Красный пролетарий» начал выпуск своих электрокаров. Это был, скорее всего, эксперимент, штучный товар, а не массовое производство. Их выпускали не постоянно, от случая к случаю, как редкий деликатес. А по-настоящему всё завертелось гораздо позже, в 60-

х годах прошлого века. Именно тогда на гигантах советского автопрома, Волжском автозаводе и заводе им. И.А.Лихачева, электрокары стали главными «транспортными рабочими».

А что сейчас? Сейчас мы видим, что это уже не просто тележки с мотором. Посмотрите на японские Toyota или шведские ВТ! Это маленькие компьютеры на колёсах. Они сами знают, сколько у них осталось заряда, запоминают свой пробег, они умеют остановиться сами, если перед ними внезапно возникает препятствие или человек. Похоже, что у них выработался инстинкт самосохранения. Становится важным понять, что электрокар — это скромный труженик, который твёрдо знает своё место. Он не пытается поднять груз на высоту, он не строит из себя супергероя. Его задача — просто и честно возить тяжести по полу из одной зоны склада в другую, из приёмки в хранение, из зоны хранения на отгрузку. Он как курьер в большом логистическом центре, без которого всё встанет, однако сам он крайне требователен к качеству покрытия. Ему нужен идеальный пол, твёрдый, сухой, ровный. Никаких перепадов высот, никаких ямок или стыков. Почему? Да просто клиренс у него маленький — низко сидит, брюхо почти по полу. Для него любая кочка — это как для нас неожиданная ступенька в темноте, где можно споткнуться, потерять груз и сильно расстроиться. Поэтому если на складе пол в порядке — электрокар будет служить верой и правдой годы. А если нет, то он обидится, начнёт чихать, глохнуть, а то и вовсе перевернётся с тяжестью. Так что обращаться с ним нужно бережно, по-человечески.

А теперь представьте себе склад, где всё гудит, движется, и вдруг возникает задача перегнать не одну коробку, а целую вереницу под завязку груженых платформ. Или, скажем, прицепить огромную кассету с деталями, которую даже двое здоровяков не сдвинут с места. Тут-то на сцену и выходят электротягачи. Это буксировочная машина, обладающая мощным электромотором и усиленным сцепным устройством. При этом сами тягачи довольно компактные и не занимают много места при хранении. Никакого героизма от водителя не требуется, поскольку он просто сидит за рулём или идёт рядом (если модель пешеходная), а всю тяжёлую работу делает машина.

Интересно, что электротягачи не родились на пустом месте. Они появились как логическое продолжение развития электрокара. Сначала были маленькие платформы, потом их решили сделать мощнее, а когда мощности одной платформы перестало хватать для перевозки целых «поездов» из гружёных тележек, инженеры задумались о специализированном буксире, который будет не возить груз на себе, а тащить его за собой. Так на свет появился электротягач.

Первого «серьёзного» «мальша» запатентовали британцы из компании Crompton Parkinson в далёком 1928 году. И вы только вдумайтесь, скорость у него была всего 8 километров в час. Это медленнее, чем бежит неторопливый человек. Но он мог тащить 10 тонн! Для сравнения это вес двух африканских слонов. При такой мощности скорость никого не волновала.

А потом наступили 1940-е, и электротягачи пережили своё второе рождение. Их начали использовать в авиации для буксировки самолётов к взлётной полосе. Почему именно их, а не бензиновые машины? Да потому что самолёты — штука капризная, особенно при заправке. Любая искра от выхлопа или реактивная струя могли обернуться катастрофой. А электротягачи бесшумны, чисты и не дают искр. Настоящие «сапёры» на колёсах, которые бережно, без лишнего шума, перетаскивали многотонные машины в нужное место.

Теперь электротягачи — это уже почти научная фантастика. Современные модели представляют собой сложные роботизированные комплексы, которые начинают электронику под завязку. Многие из них вообще не требуют водителя поскольку они управляются дистанционно или едут самостоятельно, ориентируясь на QR-коды, наклеенные

на полу. Представьте себе огромный склад, где по идеально ровному полу бесшумно скользят роботы-буксиры, точно зная свой маршрут, останавливаясь точно в нужном месте и даже объезжая препятствия. Это позволяет вообще убрать человека из опасных зон, где может что-то упасть, там грузы движутся в автоматическом режиме. Водитель теперь может управлять целым парком таких машин из безопасного пункта, как капитан космического корабля. И это уже не фантастика, а наша реальность.

А теперь давайте честно посмотрим на эти машины не как на железки с колёсами, а как на живых работников со своим характером и привычками. Потому что у них есть свои сильные стороны, свои слабости и даже свои паспорта с правилами, которые нельзя нарушать.

Первое и самое заметное — это их проходимость. Тут безрельсовый транспорт однозначно выигрывает у рельсового практически по всем показателям. Бетонный пол склада, песчано-гравийная подушка стройплощадки, влажный грунт на карьере для них всё это родное и привычное. Но тут есть один важный нюанс, который надо запомнить, как разницу между кроссовками и сапогами. Гусеничные модели тракторов и тягачей — это наши «сапоги-вездеходы». Они уверенно чувствуют себя на рыхлой, неустойчивой почве, на которой колёсный транспорт сразу начнёт буксовать, нервничать и просить помощи. Но за эту проходимость приходится платить скоростью и расходом топлива — гусеницы медленнее и прожорливее.

Колёсные машины, напротив, как хорошие беговые кроссовки. На твёрдой, ровной поверхности они летят стрелой, экономичные и шустрые, но как только попадают в грязь или рыхлый песок, сразу сдаются, начинают «плясать», теряют сцепление и могут застрять. Так что каждый тип хорош на своём месте, и выбирать его надо как обувь для разной погоды: не суйся в грязь на колёсах, если там нужны гусеницы.

А теперь про второе, без чего вообще никак нельзя — про правила и «бумажки». Знаете, многие водители и мастера сначала ворчат: «Опять эти ГОСТы, опять эти инструктажи, бюрократия замучила!» А я вам скажу так, что все эти стандарты, регламенты и правила они не для того придуманы, чтобы жизнь усложнить. Они написаны кровью, потом и переломами. Серьёзно.

В Российской Федерации эксплуатация любого напольного безрельсового транспорта — это не «сам сел и поехал», это целая система, и она строго завязана на государственных стандартах и межотраслевых предписаниях. И ключевой документ здесь Государственный стандарт Российской Федерации - ГОСТ Р 51354-99 - с названием «Транспорт напольный безрельсовый. Требования безопасности».

Что он в себя включает? Вы удивитесь, но там есть всё -от того, какие должны быть тормоза и как должен крутиться руль, до того, какого цвета должны гореть лампочки на машине. Потому что конструкция должна быть безопасной, чтобы водитель не погиб на рабочем месте. Но это только половина дела.

Вторая половина — это как раз то, что водители больше всего не любят, но что их же и спасает - организационные вещи. Порядок допуска к работе (кто имеет право сесть за руль, а кто нет), периодичность инструктажей (потому что люди забывают правила), процедура технического освидетельствования (то есть проверка, что машина ещё жива и не развалится на ходу). Всё это прописано до мелочей.

Но и на этом всё не заканчивается. Сверху на ГОСТ ложатся ещё и межотраслевые правила по охране труда — сокращённо ПОТ. Там уже более прикладные, «бытовые» вещи:

- как правильно должно быть освещено рабочее место, чтобы водитель видел, куда едет;
- какой должен быть микроклимат в кабине, чтобы человек не отвлекался;

- и какие сигналы должны подаваться, чтобы все вокруг знали: «Осторожно, машина едет, не стойте на пути!»

И знаете, что самое интересное? Когда я впервые увидел эти правила, я думал: «Ну, формальность, отписка». А потом поговорил со старым механиком, который тридцать лет работает с погрузчиками. Он сказал одну вещь, которую я запомнил навсегда: «Сынок, каждая строчка в этих ГОСТах — это чья-то спасённая жизнь или чья-то ошибка, которую больше не хотят повторять». И ведь правда. Все эти скучные пункты про тормоза, про освещение, про инструктажи — это щит, который стоит между человеком и бедой. Поэтому, когда в следующий раз увидите табличку с ГОСТом или услышите про очередной инструктаж, не вздыхайте. Просто примите это как знак уважения к тем, кто работает рядом с этими мощными, быстрыми, но иногда опасными машинами. Правила — это не бюрократия. Это забота. Просто упакованная в сухие фразы.

Машины напольного безрельсового транспорта и тягачи находят свое применение в операциях погрузки, выгрузки и перемещения товарных грузов в пределах грузовой площадки и складов.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент передачи статьи в редакционную коллегию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Машины напольного безрельсового электрифицированного транспорта / rosgosts.ru // https://rosgosts.ru/file/gost/53/060/gost_18962-97.pdf?ysclid=mqqzzig2tg161347491 (дата обращения: 23.06.2026). – Текст: электронный.
2. Нашутинская, Д. Н. Процесс документального сопровождения и перемещения коммерческих грузов / Д. Н. Нашутинская и др. // Содействие профессиональному становлению личности и трудоустройству молодых специалистов в современных условиях: Сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции. В 3-х частях, Белгород, 19 ноября 2021 года / Под редакцией С.А. Михайличенко, Ю.Ю. Буряка. Том Часть 2. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 240-248. – EDN YVXQLZ.

Floor-mounted transport machines

Albert Andreevich Shakhmatov ¹, Natalia Igorevna Fedoseenko ²

Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov" in Novorossiysk,
Novorossiysk, Russia

² fedoseenko_natal@mail.ru

Abstract

Forklifts are an integral part of the process of transporting various types of cargo.

Key words: trackless transport, trackless warehouse mechanization, forklift trucks, electric forklifts, electric cars, electric tractors.

СТРОИТЕЛЬСТВО, АРХИТЕКТУРА

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_116

Научная статья

УДК 622.691.4

ГРНТИ 67.53.27

ВАК 2.8.5

Разработка методики выбора систем газоснабжения для частных домов на примере Калининградской области

Александр Алексеевич Мошков

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия

moshkovsasha2002@gmail.com

Аннотация

В статье рассматриваются особенности выбора системы газоснабжения для индивидуальных жилых домов с учётом региональной специфики Калининградской области. Проведён сравнительный анализ централизованных и автономных систем газоснабжения, выявлены ключевые факторы, влияющие на эффективность их применения. Разработана методика выбора системы газоснабжения, основанная на комплексной оценке технических, экономических и инфраструктурных параметров. Приведены расчётные зависимости для определения расхода газа и оценки экономической эффективности различных решений. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения предложенной методики при проектировании частных домов.

Ключевые слова: газоснабжение, индивидуальное жилищное строительство, газификация, автономное газоснабжение, газгольдер, энергоэффективность, Калининградская область.

В условиях современного развития частного домостроения в Калининградской области возникает необходимость в разработке методики выбора системы газоснабжения, которая учитывала бы специфику региона и потребности населения. Цель данной работы заключается в создании эффективного алгоритма, позволяющего выбрать оптимальную систему газоснабжения для частных домов с учетом различных факторов. Проблема заключается в недостаточной адаптации существующих моделей газоснабжения к уникальным условиям Калининградской области, что может привести к неэффективному использованию ресурсов и повышению эксплуатационных затрат.

Актуальность исследования определяется растущим интересом к газоснабжению как к одному из наиболее экономически выгодных и экологически чистых видов топлива для частных домохозяйств. В условиях изменения климата и повышения цен на традиционные источники энергии необходимо учитывать не только технические характеристики систем, но и экономические, экологические и инфраструктурные аспекты. В связи с этим, в рамках исследования будут поставлены три задачи: анализ существующих систем газоснабжения в регионе, разработка критериев выбора

энергоносителя и тестирование методики на примере типовых объектов частного домостроения.

Методология исследования включает в себя комплексный анализ текущих систем газоснабжения, а также оценку влияния климатических, экономических и экологических факторов на выбор оптимального решения. Объектом исследования выступают частные дома в Калининградской области, что позволяет сосредоточиться на практических аспектах внедрения газоснабжения в условиях данного региона. Исследование будет основано на данных о стоимости топлива, тарифах, субсидиях и инфраструктурных ограничениях, что обеспечит всесторонний подход к выбору системы газоснабжения.

Таким образом, разработанная методика выбора системы газоснабжения для частных домов в Калининградской области будет представлять собой инструмент, способствующий оптимизации процесса газоснабжения с учетом специфики региона. Ожидается, что результаты исследования окажут значительное влияние на принятие решений как со стороны частных застройщиков, так и со стороны органов местного самоуправления. В дальнейшем, полученные данные могут быть использованы для совершенствования существующих систем газоснабжения и повышения их эффективности.

1. Анализ существующих систем газоснабжения

Система газоснабжения частных домов в Калининградской области формируется под влиянием инфраструктурных, экономических и географических факторов, что определяет необходимость использования как централизованных, так и автономных решений. В отличие от регионов с равномерной газификацией, здесь наблюдается сочетание различных моделей газоснабжения, что делает задачу выбора системы особенно актуальной.

1.1 Общая характеристика газоснабжения частного сектора

Газоснабжение индивидуальных жилых домов в регионе осуществляется по двум основным направлениям:

- подключение к централизованным газораспределительным сетям;
- использование автономных систем (газгольдеров, резервуарных установок и СПХР).

Активное развитие индивидуального жилищного строительства в регионе требует расширения газовой инфраструктуры, однако подключение новых объектов зачастую связано с длительными сроками и сложной процедурой согласования. Процесс газификации включает получение технических условий, проектирование, строительно-монтажные работы и ввод в эксплуатацию.

При этом подведение газа к частному дому может занимать значительное время — иногда до нескольких лет, особенно в удалённых населённых пунктах.

1.2 Централизованное газоснабжение частных домов

Централизованное газоснабжение представляет собой систему подачи природного газа потребителям через разветвлённую сеть магистральных и распределительных газопроводов [1, 2]. Для индивидуальных жилых домов данный способ является наиболее традиционным и экономически обоснованным при наличии соответствующей инфраструктуры.

В основе централизованного газоснабжения лежит многоуровневая система транспортировки газа, включающая магистральные газопроводы высокого давления, газораспределительные станции, а также сети среднего и низкого давления, непосредственно подводящие газ к объектам потребления. На заключительном этапе осуществляется ввод газопровода в частный дом с установкой газоиспользующего оборудования (рисунок 1) [3].

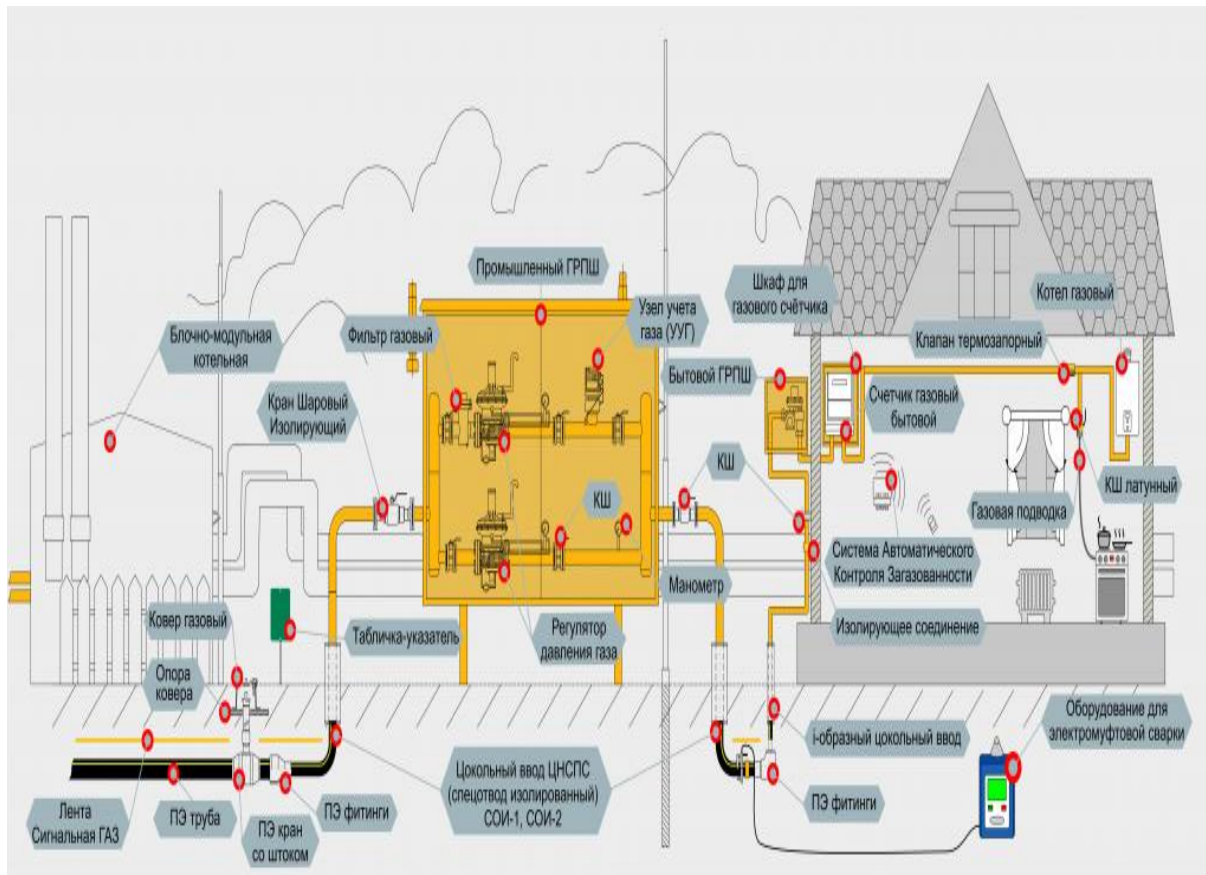


Рисунок 1 – Схема централизованного газоснабжения частного дома [5]

К основным преимуществам централизованного газоснабжения относятся:

- экономичность — низкая стоимость природного газа;
- надёжность — стабильная подача ресурса при развитой инфраструктуре;
- удобство эксплуатации — отсутствие необходимости хранения топлива;
- автоматизация — возможность полной автоматизации отопительных систем.

Природный газ остаётся одним из наиболее экономичных видов топлива для отопления и бытовых нужд.

Недостатки и ограничения

Несмотря на значительные преимущества, централизованное газоснабжение имеет ряд ограничений:

- зависимость от наличия газораспределительной сети;
- длительные сроки подключения;
- необходимость прохождения сложных процедур согласования;
- значительные затраты при удалённости объекта от газопровода.

Существенной особенностью является то, что газификация населённого пункта не означает автоматического подключения конкретного дома — владельцу необходимо самостоятельно организовать подключение участка и внутренней системы

В условиях Калининградской области централизованное газоснабжение остаётся приоритетным направлением развития инженерной инфраструктуры. Однако его применение ограничено территориальной неоднородностью газификации.

В городах и крупных населённых пунктах подключение частных домов к газораспределительным сетям является относительно доступным. В то же время в удалённых районах стоимость подключения может значительно возрасти из-за необходимости строительства дополнительных участков газопровода.

Таким образом, централизованное газоснабжение в регионе эффективно применяется преимущественно в зонах с развитой инфраструктурой и высокой плотностью застройки [4].

1.3 Автономные системы газоснабжения частных домов

Автономные системы газоснабжения являются важным элементом энергетической инфраструктуры частного жилищного строительства в Калининградской области, особенно в условиях неполной газификации территории. Несмотря на активное развитие централизованных сетей, уровень газификации региона на 2024 год составляет около 86,9%, с перспективой роста до 90 % к 2030 году. Это означает, что значительная часть индивидуальных жилых домов по-прежнему нуждается в альтернативных решениях обеспечения газом [6].

Под автономным газоснабжением понимается организация подачи газа без постоянного подключения к магистральной сети либо с его индивидуальным подведением в рамках локальных инженерных решений. На практике это выражается в использовании резервуарных установок со сжиженным углеводородным газом, а также в реализации схем временной автономии до момента подключения к централизованной системе.

Наиболее распространённым вариантом является газоснабжение на основе газгольдеров, представляющих собой герметичные резервуары для хранения пропан-бутановой смеси [7]. Газ в них находится в сжиженном состоянии и по мере потребления испаряется, поступая к газоиспользующему оборудованию. Такая система отличается высокой степенью автономности и позволяет обеспечить объект энергией в кратчайшие сроки, независимо от уровня развития инфраструктуры. Вместе с тем эксплуатация газгольдеров связана с регулярной заправкой и более высокими затратами на топливо по сравнению с природным газом (рисунок 2).

Преимущества:

- полная автономность;
- возможность быстрого ввода в эксплуатацию;
- независимость от развития региональной инфраструктуры.

Недостатки:

- высокая стоимость топлива;
- необходимость регулярной заправки;
- зависимость от логистики поставок газа [8].

В условиях плотной застройки нередко применяются групповые резервуарные установки, при которых один источник газа обслуживает несколько домов (рисунок 3).

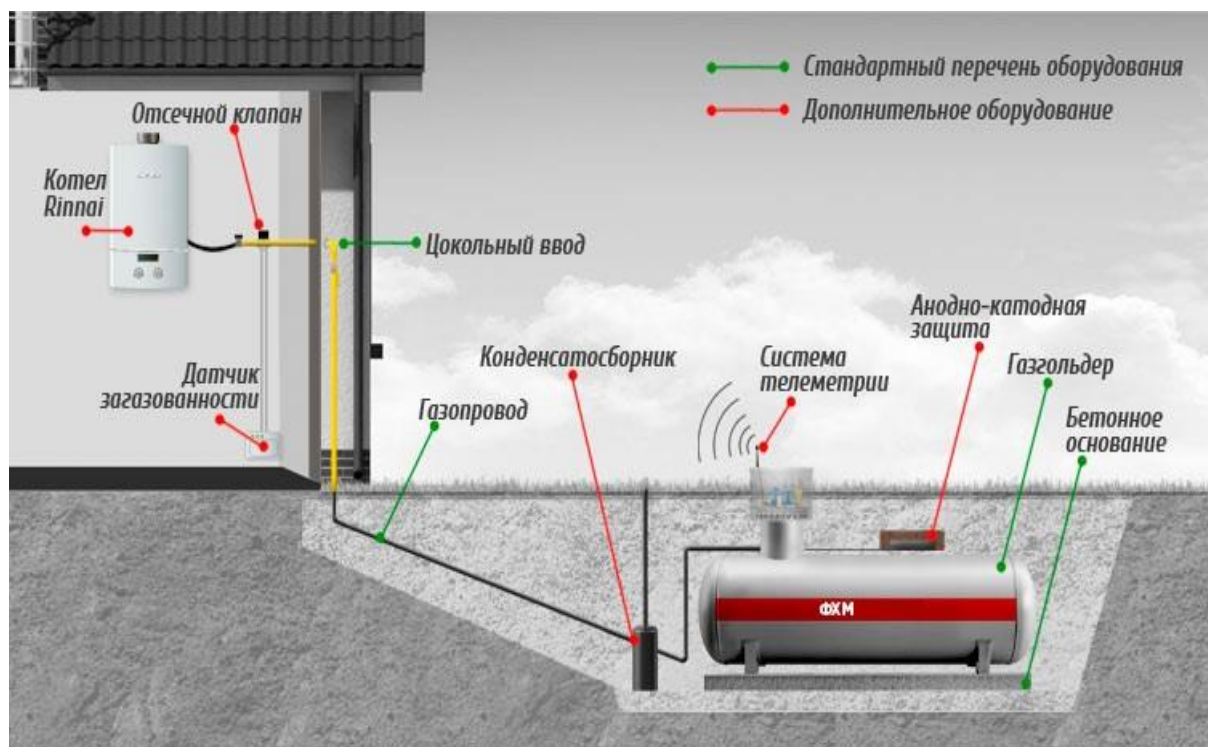


Рисунок 2 – Схема автономного газоснабжения (газгольдер) частного дома [8]

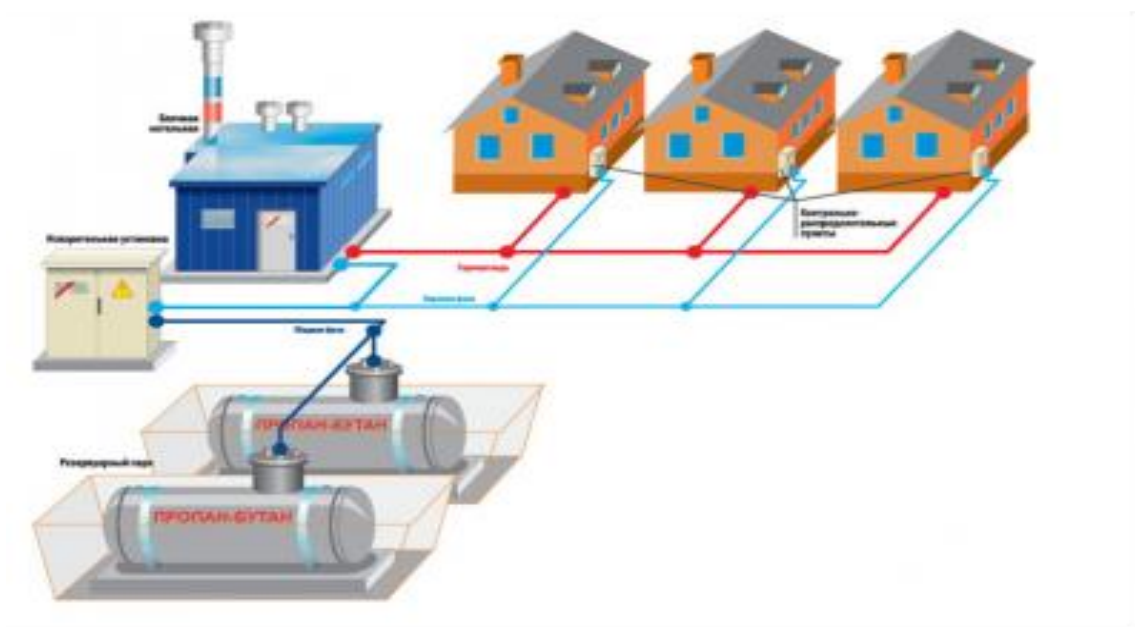


Рисунок 3 – Схема автономного газоснабжения (групповые резервуарные установки) частного дома [10]

Подобный подход позволяет снизить удельные капитальные затраты и повысить эффективность эксплуатации, однако требует согласованной организации потребления и обслуживания.

С экономической точки зрения автономные системы характеризуются смещением затрат в сторону эксплуатации.

Если первоначальные вложения сопоставимы с затратами на индивидуальное подключение к сети, то стоимость сжиженного газа делает их менее выгодными в долгосрочной перспективе. Тем не менее в условиях отсутствия альтернатив такие системы остаются единственным технически реализуемым решением.

Особенности:

- централизованная заправка;
- снижение удельных затрат на оборудование;
- повышение эффективности эксплуатации [9].

Для частных домов региона характерна следующая зависимость выбора системы (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ систем газоснабжения [11]

Критерий	Централизованное газоснабжение	Автономное газоснабжение
Доступность	ограничена инфраструктурой	высокая
Стоимость топлива	низкая	высокая
Срок реализации	длительный	короткий
Капитальные затраты	средние	высокие
Эксплуатационные затраты	низкие	высокие
Надёжность	высокая	зависит от обслуживания

1.4. Технологические особенности автономного газоснабжения на базе комплексов СПХР

В современной практике энергообеспечения частной жилой застройки Калининградской области, характеризующейся высокой степенью инфраструктурной обособленности, применение сжиженного природного газа выступает в качестве наиболее перспективной альтернативы традиционным системам на сжиженном углеводородном газе [12].

Использование метана в криогенном состоянии позволяет интегрировать преимущества природного газа в автономные инженерные решения, обеспечивая качественные характеристики горения, идентичные магистральному газоснабжению, и исключая необходимость перенастройки газоиспользующего оборудования.

Центральным технологическим узлом такой системы является система приема, хранения и регазификации (СПХР), которая выполняет роль локального редуccionного пункта (рисунок 4).

Функционирование комплекса базируется на принципе глубокого охлаждения природного газа (до -162°C), что обеспечивает сокращение его удельного объема в 600 раз и предопределяет высокую эффективность логистических операций [13].

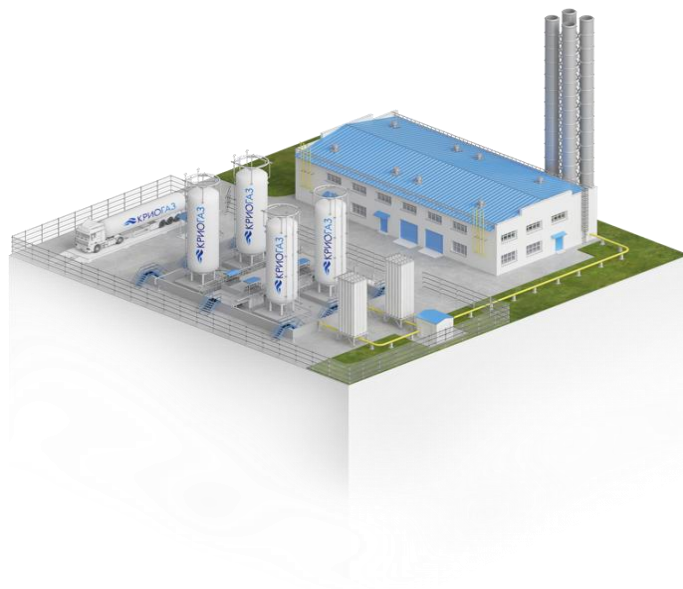


Рисунок 4 – Системы приема, хранения и регазификации [15]

Процесс трансформации энергоносителя в рамках СПХР включает три ключевых этапа:

1. Аккумулирование и хранение:

Доставка СПГ осуществляется специализированным криогенным автотранспортом. Продукт перемещается в изотермические резервуары, конструкция которых основана на использовании многослойной экранно-вакуумной изоляции. Это позволяет минимизировать теплопритоки из окружающей среды и поддерживать стабильное давление внутри сосуда. Важной технической характеристикой здесь является «время бездренажного хранения» — период, в течение которого давление не достигает критической отметки срабатывания предохранительных клапанов.

2. Фазовый переход (Регазификация):

Процесс перевода СПГ из жидкого состояния в газообразное реализуется в блоках испарителей. С учетом климатических особенностей Калининградской области наиболее рациональным является применение атмосферных регазификаторов, использующих тепловую энергию окружающего воздуха. Для обеспечения бесперебойности в пиковые периоды (при экстремально низких температурах) системы могут оснащаться дублирующими электрическими или жидкостными подогревателями.

3. Подготовка и распределение:

После регазификации газ проходит стадию подготовки, включающую очистку (при необходимости), редуцирование давления и одоризацию этилмеркаптаном. Последний этап особенно важен с точки зрения безопасности, поскольку природный газ не имеет запаха, и добавление одорантов позволяет своевременно обнаруживать утечки. Подготовленный газ подаётся в локальную систему газоснабжения, где используется для отопления, горячего водоснабжения и бытовых нужд. Автоматизированная система управления (АСУ) контролирует параметры выходного потока, обеспечивая автоматическое прекращение подачи газа при возникновении аварийных ситуаций [14].

С точки зрения эксплуатации СПГ обладает рядом существенных преимуществ. Прежде всего, он обеспечивает более стабильные характеристики горения по сравнению

с пропан-бутановой смесью, а также позволяет использовать стандартные газовые котлы без необходимости их перенастройки. Кроме того, стоимость природного газа, даже в сжиженном виде, как правило, ниже стоимости СУГ, что снижает эксплуатационные затраты.

В то же время использование СПГ связано с определёнными ограничениями. Ключевыми из них являются высокая стоимость криогенного оборудования, повышенные требования к безопасности и необходимость специализированной инфраструктуры для хранения и транспортировки. Это ограничивает широкое распространение таких систем в индивидуальном жилищном строительстве.

Экономическая эффективность СПХР определяется сочетанием капитальных и эксплуатационных затрат. Несмотря на значительные первоначальные вложения, связанные с криогенным оборудованием, такие системы позволяют использовать природный газ без строительства протяжённых газопроводов, что особенно актуально для удалённых территорий. В ряде случаев это делает СПГ-решения более конкурентоспособными по сравнению с альтернативными видами топлива.

В условиях Калининградской области применение СПХР имеет стратегическое значение. Географическая изолированность региона и необходимость повышения устойчивости энергоснабжения способствуют развитию технологий автономной газификации. Использование СПГ и соответствующей инфраструктуры позволяет создать гибкую систему распределения газа, не зависящую в полной мере от магистральных поставок [15].

Таким образом, СПХР представляет собой высокотехнологичный элемент автономного газоснабжения, обеспечивающий эффективное и безопасное использование СПГ в условиях индивидуального жилищного строительства и локальных систем энергоснабжения.

2. Критерии выбора энергоносителя для частных домов

Выбор энергоносителя для отопления частного дома представляет собой комплексную инженерно-экономическую задачу, в которой необходимо учитывать не только стоимость ресурсов, но и региональные особенности, технические ограничения и условия эксплуатации здания. В Калининградской области данный выбор приобретает особую значимость в силу географической обособленности региона, морского климата и неоднородного уровня газификации.

Определяющим фактором, как правило, выступает доступность энергоносителя. Наличие подключения к магистральному газу в большинстве случаев предопределяет выбор в его пользу, поскольку природный газ остаётся наиболее экономичным источником тепловой энергии при длительной эксплуатации. В то же время в районах, где централизованное газоснабжение отсутствует или находится в стадии развития, применяются альтернативные решения — сжиженный газ, электричество или твёрдое топливо.

Существенное значение имеет экономический критерий, включающий как капитальные вложения, так и эксплуатационные затраты. Практика показывает, что минимальные первоначальные затраты характерны для электрических систем отопления, однако в условиях постоянного проживания они приводят к высоким ежемесячным расходам. Напротив, газовые системы требуют значительных инвестиций на этапе подключения, но обеспечивают более низкую стоимость тепловой энергии в

долгосрочной перспективе. Таким образом, выбор определяется соотношением «затраты–эффект» на протяжении жизненного цикла системы.

Не менее важным является климатический фактор. Калининградская область характеризуется мягким морским климатом с высокой влажностью и сравнительно небольшими, но продолжительными отопительными периодами. В таких условиях предпочтение отдается системам, способным эффективно работать в режиме частичных нагрузок и обеспечивать стабильное теплоснабжение при колебаниях температуры. Дополнительное влияние оказывает ветровая нагрузка и влажность, увеличивающие теплопотери зданий.

С технической точки зрения значимым критерием выступает энергоэффективность здания. Чем выше уровень теплоизоляции, тем меньше требуемая мощность системы отопления и тем шире выбор возможных энергоносителей. Например, для хорошо утепленных домов становится экономически оправданным использование электрических систем или тепловых насосов, тогда как здания с высокими теплопотерями требуют более дешёвого топлива, такого как природный газ.

Важным аспектом является также уровень автономности и надёжности системы. Для удалённых или малоосвоенных территорий региона приоритет получают решения, не зависящие от централизованных сетей, например газгольдеры или твердотопливные котлы. В то же время централизованные системы обеспечивают более высокий уровень комфорта и требуют меньшего участия пользователя в процессе эксплуатации.

Дополнительно учитываются экологические и эксплуатационные характеристики. Современные требования к снижению выбросов и повышению энергоэффективности стимулируют использование более «чистых» видов топлива, таких как природный газ или электрическая энергия. При этом удобство эксплуатации (отсутствие необходимости хранения топлива, автоматизация процессов) также становится важным фактором выбора.

Таким образом, выбор энергоносителя для частного дома в Калининградской области должен основываться на комплексной оценке доступности ресурсов, экономической эффективности, климатических условий и технических характеристик здания. Оптимальное решение достигается не за счёт одного критерия, а в результате их сбалансированного учёта, что особенно важно при разработке методики выбора системы газоснабжения [16].

3. Методика выбора системы газоснабжения для частных домов

Выбор системы газоснабжения для частного дома в Калининградской области представляет собой многокритериальную задачу, учитывающую совокупность технических, экономических и региональных факторов. В условиях неоднородной газификации территории и различной плотности застройки применение универсального решения не представляется возможным, что обуславливает необходимость разработки адаптивной методики выбора.

Предлагаемая методика основывается на последовательной оценке ключевых параметров объекта и условий его эксплуатации с последующим сравнительным анализом альтернативных вариантов газоснабжения.

На первом этапе осуществляется *оценка инфраструктурной доступности*. Определяется наличие или отсутствие вблизи участка газораспределительных сетей, а также техническая возможность подключения. В случае, если расстояние до существующего газопровода не превышает экономически обоснованного значения,

приоритетным вариантом рассматривается централизованное газоснабжение. При значительной удалённости участка или отсутствии перспектив газификации переходят к рассмотрению автономных решений.

Далее производится оценка тепловой нагрузки здания, которая определяет потребность в энергоресурсе. Расчёт годового расхода газа может быть выполнен по выражению:

$$V = \frac{Q}{q \cdot \eta}, \quad (1)$$

где

V — годовой объём потребления газа, м³/год (для природного газа) или кг/год (для СУГ);

Q — годовая тепловая потребность здания, кВт·ч/год;

q — удельная теплота сгорания топлива, кВт·ч/м³ (для природного газа $\approx 9,3$ – $10,5$ кВт·ч/м³) или кВт·ч/кг (для СУГ $\approx 12,5$ – $13,8$ кВт·ч/кг);

η — коэффициент полезного действия оборудования, доли единицы;

Полученные значения позволяют сопоставить варианты по уровню эксплуатационных затрат и определить требуемые параметры оборудования.

Следующий этап включает *экономическую оценку вариантов*, основанную на сравнении суммарных затрат за расчётный период. Интегральные приведённые затраты могут быть определены по формуле:

$$Z = C_{\text{кап}} + \sum_{t=1}^T \frac{C_{\text{эсп.}t}}{(1+r)^t} \quad (2)$$

где

Z — приведённые (суммарные) затраты, руб.;

$C_{\text{кап}}$ — капитальные вложения, руб.;

$C_{\text{эсп.}t}$ — эксплуатационные затраты в год t , руб./год;

r — ставка дисконтирования, доли единицы;

T — расчётный период, лет [17].

Данный подход позволяет учесть различия между системами, для которых характерно либо высокое начальное вложение (централизованное подключение), либо повышенные текущие расходы (газгольдер).

С практической точки зрения важным является также учёт сроков реализации проекта. В условиях Калининградской области подключение к централизованной сети может занимать значительное время, что делает автономные системы предпочтительными при необходимости быстрого ввода объекта в эксплуатацию.

На заключительном этапе проводится сравнительная оценка вариантов по совокупности критериев, включая:

- экономическую эффективность;
- надёжность и автономность;
- доступность инфраструктуры;
- удобство эксплуатации.

С учётом региональной специфики Калининградской области методика позволяет сформулировать практическое правило: при наличии технической возможности и умеренных затрат на подключение предпочтение следует отдавать централизованному газоснабжению, тогда как в условиях удалённости или ограниченной инфраструктуры рациональным выбором являются автономные системы, прежде всего газгольдерные установки [18].

Заключение

В данной статье были рассмотрены особенности выбора систем газоснабжения для частных домов на примере Калининградской области. Анализ показал, что обеспечение индивидуального жилищного строительства энергоресурсами в регионе является комплексной задачей, зависящей от уровня развития газовой инфраструктуры, экономических условий и территориальных особенностей.

Установлено, что централизованное газоснабжение остаётся наиболее экономически эффективным вариантом при наличии технической возможности подключения. Его основными преимуществами являются низкая стоимость природного газа, высокая надёжность и удобство эксплуатации. Вместе с тем развитие централизованных сетей в регионе носит неравномерный характер, что ограничивает возможность их использования в удалённых районах и новых зонах индивидуальной застройки.

В связи с этим существенную роль приобретают автономные системы газоснабжения. В работе были рассмотрены решения на основе сжиженного углеводородного газа, а также современные системы с применением сжиженного природного газа. Проведённый анализ показал, что автономные системы обеспечивают высокий уровень энергетической независимости и позволяют организовать газоснабжение в условиях отсутствия магистральных сетей. При этом их применение сопровождается повышенными капитальными и эксплуатационными затратами, связанными с использованием резервуарного и криогенного оборудования.

Отдельное внимание было уделено системам приёма, хранения и регазификации, являющимся технологической основой автономного газоснабжения на базе СПГ. Установлено, что данные системы позволяют обеспечить полный цикл обращения газа — от его доставки и хранения до подачи потребителю в газообразном состоянии. В условиях Калининградской области СПХР представляют перспективное направление развития локальной энергетической инфраструктуры, способствующее повышению надёжности и гибкости газоснабжения.

В рамках исследования была разработана методика выбора системы газоснабжения, основанная на комплексной оценке инфраструктурных, технических и экономических факторов. Предлагаемый подход позволяет учитывать доступность газораспределительных сетей, тепловую нагрузку здания, капитальные и эксплуатационные затраты, а также уровень автономности и надёжности системы. Использование данной методики способствует повышению обоснованности инженерных решений при проектировании систем газоснабжения частных домов.

Таким образом, выбор системы газоснабжения для частного дома должен осуществляться индивидуально с учётом региональных условий, особенностей объекта и экономической целесообразности. Для Калининградской области наиболее рациональным направлением является комбинированный подход, предусматривающий развитие централизованной газификации при одновременном внедрении современных автономных решений на основе СПГ и СПХР.

Конфликт интересов

Автор статьи заявляет, что на момент передачи статьи в редакционную коллегию, у него нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Технологическое оборудование трубопроводного транспорта газа / А. С. Алихашкин, Н. Н. Голунов, С. В. Дейнеко [и др.]. – Москва: Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, 2021. – 117 с. – EDN YNSGOF.
2. Технологическое оборудование транспорта и хранения газа : Учебное пособие для студентов направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело» / А. С. Алихашкин, Н. Н. Голунов, С. В. Дейнеко [и др.]. – Москва: Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, 2023. – 153 с. – EDN PNLLCH.
3. Проектирование газораспределительных систем : учебное пособие для студентов направлений 21.03.01 Нефтегазовое дело 21.04.01 Нефтегазовое дело / Р. А. Шестаков, И. В. Орехова, Ю. С. Матвеева [и др.]. – Москва: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2024. – 121 с. – ISBN 978-5-91961-532-3. – EDN LMLUIA.
4. Газификация Калининградской области: социально-экономические и организационные аспекты / В.В. Афанасьев, В.Г. Ковалев, В.Н. Орлов и др. // Вопросы экономики и управления жилищно-коммунальным хозяйством. — 2016. — С. 82–92.
5. Газовое оборудование для частного дома. URL: https://infinite-energy.ru/gazovoe-oborudovanie-bezopasnoe-i-effektivnoe-reshenie-dlya-vashego-doma/?utm_medium=organic&utm_source=yasmartcamera (дата обращения 07.04.2026)
6. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Калининградской области. Программа газификации Калининградской области на период до 2030 года. - URL: <https://minstroy.gov39.ru/zkh/perspektivnyy-plan-razvitiya-zhkkh/razvitiye-gazifikatsii.php> (дата обращения 07.04.2026).
7. Шестаков, Р. А. К вопросу о термодинамических свойствах сжиженных углеводородных газов / Р. А. Шестаков, Ю. С. Матвеева // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2021. – № 1(302). – С. 110-119. – DOI 10.33285/2073-9028-2021-1(302)-110-119. – EDN GXBIGX.
8. Автономная газификация частного дома газгольдером. – URL: https://gastermo.ru/?an=gasholder_fas&utm_medium=organic&utm_source=yasmartcamera (дата обращения 07.04.2026)
9. Синохина З.А. Анализ современного состояния газотранспортной системы Калининградской области и перспективы её развития / З.А. Синохина // Молодой учёный. — 2019. —С. 27–30.
10. Системы автономного газоснабжения для коттеджных поселков. URL: https://tgs-fas.kz/product/cistemy-avtonomnogo-gazosnabzheniya-dlya-mnogokvartirnyh-domov-kottedzhnyh-poselkov/?utm_medium=organic&utm_source=yasmartcamera (дата обращения 07.04.2026)
11. Газоснабжение частных домов: проблемы и практики технического присоединения (обзор) // Энергетическая политика и практика. — 2022. — № 2. — С. 14–23.
12. Протозанов, Н. К. Определение параметров работы криогенного резервуара при малотоннажном хранении СПГ / Н. К. Протозанов, Р. А. Шестаков // Нефтегазовое дело. – 2024. – Т. 22, № 2. – С. 141-155. – DOI 10.17122/ngdelo-2024-2-141-155. – EDN DXSNBY.

13. Шестаков, Р. А. Кριο АЗС Российские и зарубежные технологии / Р. А. Шестаков, Л. А. Мкртчян // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2022. – № 4(124). – С. 70-82. – EDN DQWZNC.
14. Газпром СПГ технологии. – URL: <https://www.gspgt.ru/articles/chto-takoe-spg/> (Дата обращения 07.04.2026).
15. Кριοгаз системы приема, хранения и регазификации. - URL: [https:// www.cryogas.ru/complex/priem/](https://www.cryogas.ru/complex/priem/) (дата обращения 07.04.2026).
16. Великанов Н.Л., Корягин С.И., Гарина А.М. Особенности газопотребления Калининградской области / Н.Л. Великанов, С.И. Корягин, А.М. Гарина // Техничко-технологические проблемы сервиса. — 2018. — № 3. — С. 35–38.
17. СП 62.13330.2011. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002. — М.: Минстрой России, 2021.
18. Арунянц Г.Г. Производственно-распределительная система газоснабжения Калининградской области как объект социально-экономического регулирования / Г.Г. Арунянц // М.: Инновации и инвестиции, 2019. — С. 305–309.

Development of a methodology for selecting gas supply systems for private homes, using the Kaliningrad region as an example.

Alexander Alekseevich Moshkov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Kaliningrad State Technical University»,

Kaliningrad, Russia

moshkovsasha2002@gmail.com

Abstract

The article examines the specifics of selecting a gas supply system for individual residential buildings, taking into account the regional characteristics of the Kaliningrad region. A comparative analysis of centralized and autonomous gas supply systems has been carried out, and the key factors influencing the effectiveness of their use have been identified. A methodology for selecting a gas supply system has been developed, based on a comprehensive assessment of technical, economic, and infrastructural parameters. Calculation dependencies for determining gas consumption and assessing the economic efficiency of various solutions are presented. The practical significance of the study lies in the possibility of applying the proposed methodology when designing private houses.

Keywords: gas supply, individual housing construction, gasification, autonomous gas supply, gas holder, energy efficiency, Kaliningrad Region.

**ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО,
ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ**

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_129

Научная статья

УДК 004.94

ГРНТИ 20.23.27

ВАК 2.3.7

Разработка и использование геоинформационной системы «Цифровой двойник города в сфере жилищно-коммунального хозяйства г. Новороссийск»

Рафаэль Рубенович Бегляров ¹, Наталья Петровна Шкутко ^{2*}

¹ Администрация муниципального образования город Новороссийск,

² Филиал ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» в г. Новороссийске,
Новороссийск, Россия

¹ gkh-amon@mail.ru, ^{2*} shkutko.natalya@yandex.ru

Аннотация

В статье рассмотрены структура и функционал Геоинформационной системы - Цифровой двойник города на примере существующей платформы в г. Новороссийск. Приведена правовая основа разработки, а также рассмотрены возможности пользователя при внесении, получении и аналитике различных цифровых данных в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

Ключевые слова: цифровой двойник, геоинформационная система, информационные технологии в сфере ЖКХ, цифровое моделирование в сфере ЖКХ

Введение

Цифровой двойник города — это единая платформа пространственных данных: виртуальная модель городской инфраструктуры, которая объединяет массивы данных о городе на картографической подложке, отражает историю их изменений и служит инструментом поддержки управленческих решений. В отличие от обычной ГИС-карты, цифровой двойник — это «живая» динамическая система: данные поступают в реальном времени от датчиков, камер, кадастровых регистров, коммунальных служб и других источников [1].

В Новороссийске геоинформационная система «Цифровой двойник города» создана на базе отечественной платформы Б5ГИС. Система предназначена для служебного пользования и работает как внутренний информационный ресурс администрации. Проект стал лауреатом III Национальной премии «Умный город» в номинации «Город на ладони» - Краснодарский край получил серебряный диплом [2].

Правовая основа

Постановление администрации Новороссийска от 17 мая 2022 года № 2550 - создание ГИС «Цифровой двойник города» [3].

Постановление от 23 октября 2024 года № 5031 - регулирует единый реестр слоев системы и закрепляет ответственных специалистов по их наполнению и актуализации [4].

Федеральный закон от 24 июня 2025 года № 180-ФЗ обязывает застройщиков размещать в ГИС ЖКХ полную информацию о возводимых многоквартирных домах, включая создание электронных паспортов объектов. Требование вступило в силу с 1 марта 2026 года - для всех новых домов должны быть созданы цифровые модели инженерных систем ещё на этапе ввода в эксплуатацию [5].

ГОСТ Р 57700.37 (2021 год) — первый национальный стандарт для цифровых двойников, регулирующий их разработку, хранение и использование [6].

Структура системы Цифровой двойник города – Геоинформационная система

Для создания визуального контента системы Цифровой двойник города – Геоинформационная система, необходимо наличие структуры цифровой платформы, состоящей из «основы» и последующего нанесения требуемых графических объектов.

В качестве основы для расположения объектов сферы строительства, ЖКХ или архитектуры, используются цифровые карты, схемы и съемка со спутников, представляющих отдельно существующую Геоинформационную систему, в которой есть информация о населенных пунктах, дорогах, есть возможность нахождения объектов по различным координатам, в основном, в системе GPS.

Из наиболее популярных ГИС схем и цифровых карт в настоящее время на территории РФ используют систему 2ГИС, Яндекс-спутник (Яндекс-карты) и спутник Google (карты Google). Вся информация обновляется в режиме «онлайн» - непрерывном потоке отправляющихся данных, в случае использования спутников – динамическая съемка поверхности земли.

Далее на выбранную «основу» - Цифровую карту, которая представлена в системе Цифровой двойник города как динамичное масштабируемое отображение местности, наносятся требуемые объекты посредством внутренних инструментов.

Таковыми инструментами выступают:

1. Создание структуры хранения и обозначения различных слоев системы Цифрового двойника, имеющих собственные параметры, такие как название слоя, вес слоя (толщина графической линии), цвет, прозрачность при отображении и др.;
2. Графические возможности нанесения объектов в слое – точка, линия, окружность, полигон (многоугольник от 3 углов), позволяющие схематично отобразить объекты в 2D.

Таким образом, Цифровой двойник города в своей структуре имеет как динамические данные ГИС цифровых карт и съемок со спутника, существующих в режиме «онлайн», так и статические данные в виде схем и слоев, которые наносит и убирает пользователь Цифрового двойника города в ходе обработки информации вручную.

Именно послойное внесение информации и систематизация данных объединяет все существующие методы в единую Геоинформационную систему. Такая система формирует из различных потоков информации «единое ядро» - платформу Цифровой двойник города, формирует картину восприятия городской среды в целом, а также может скрывать и отображать некоторую информацию посредством отключения и включения существующего слоя.

Послойная информация также позволяет анализировать различные сочетания информации – различных слоев, так, например, при развитии логистики и сбора отходов в сфере благоустройства города, можно включить отображение слоя «Многоквартирные дома», чтобы спроектировать систему сбора отходов у каждого существующего МКД, разработать схему логистики, точек укрупненного сбора, посчитать количество требуемых объектов сбора – организованных контейнерных площадок, графически смоделировать и посчитать общую длину транспортных маршрутов и т.д.

Именно такой функционал Цифровых двойников города и городской среды, помогает развивать и планировать благоустройство территорий и городских сетей, видеть картину развития города в текущем времени. Также существует возможность привязки объектов в системе координат, что ускоряет работу с различными локациями.

Применение Цифрового двойника города – Геоинформационной системы в сфере жилищно-коммунального хозяйства г. Новороссийск

На приведенном примере исполнения Цифровой город в г.Новороссийск (рисунок 1), можно увидеть выбранную систему «основы» - цифровая карта 2ГИС, обозначение графических элементов слоя Цифрового двойника – «Опоры линий наружного освещения» в виде окружности. Центр окружности привязан к месту расположения опор электросетей на местности, после инвентаризации имущества в системе GPS-координат.

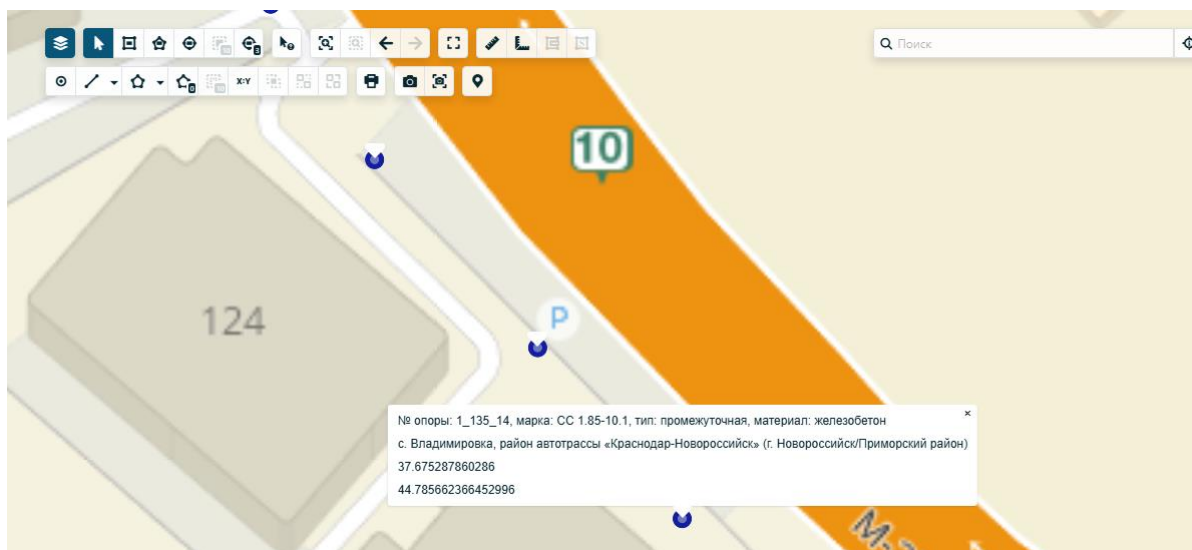


Рисунок 1 – Объекты слоя «Опоры линий наружного освещения» на подложке из интегрированной цифровой карты 2ГИС, карточка объекта

 - Слой «Опоры линий наружного освещения»

При нанесении объекта в систему, автоматически формируется карточка объекта, в которой отображена актуальная для пользователей информация. В данном случае, информация об объекте – опоре линии наружного освещения, включает в себя порядковый номер из реестра об имуществе, маркировку, сведения о материале исполнения – железобетон, примерный район расположения в черте города – эти данные вносит специалист вручную, а также в карточке объекта отображены точные

координаты, которые подгружаются в карточку автоматически после сохранения объекта. Далее объекты из одного слоя автоматически создают табличный реестр внутри системы, что также удобно при поиске информации среди множества данных (рисунок 2).

Таблица: 7.2.6.0. Линии наружного освещения

Показать только выбранные объекты

К	Название	Дата создания	Дата редактирования	Описание
№ опоры: 1_135_1	марка: СВ 105-5, тип: промежуточная, материал: железобетон	17.06.2026, 11:55	17.06.2026, 12:34	с. Владимировка, район автотрассы «Краснодар-Н...
№ опоры: 1_135_2	марка: СВ 95, тип: промежуточная, материал: железобетон	18.06.2026, 10:29	18.06.2026, 10:31	с. Владимировка, район автотрассы «Краснодар-Н...
№ опоры: 1_135_3	марка: СВ 95, тип: промежуточная, материал: железобетон	18.06.2026, 10:32	18.06.2026, 10:33	с. Владимировка, район автотрассы «Краснодар-Н...
№ опоры: 1_135_4	марка: СС 1.85-10.1, тип: промежуточная, материал: железобетон	18.06.2026, 10:38	18.06.2026, 10:39	с. Владимировка, район автотрассы «Краснодар-Н...
№ опоры: 1_135_5	марка: СВ 95, тип: промежуточная, материал: железобетон	18.06.2026, 10:41	18.06.2026, 10:41	с. Владимировка, район автотрассы «Краснодар-Н...
№ опоры: 1_135_6	марка: СС 1.85-10.1, тип: промежуточная, материал: железобетон	18.06.2026, 10:43	18.06.2026, 10:44	с. Владимировка, район автотрассы «Краснодар-Н...
№ опоры: 1_135_7	марка: СС 1.85-10.1, тип: промежуточная, материал: железобетон	18.06.2026, 10:49	18.06.2026, 10:50	с. Владимировка, район автотрассы «Краснодар-Н...
№ опоры: 1_135_8	марка: СС 1.85-10.1, тип: промежуточная, материал: железобетон	18.06.2026, 10:51	18.06.2026, 10:51	с. Владимировка, район автотрассы «Краснодар-Н...

Страница 1 из 10 • Всего 100 элементов

1 2 3 4

Рисунок 2 – Автоматически сформированная таблица-реестр для учета объектов

Такая система учета объектов позволяет визуально наблюдать охват, наличие и развитие городских сетей в Муниципальном округе и по каждому району города отдельно в режиме реального времени, а также позволяет планировать развитие городских сетей, вносить планируемые объекты в систему Цифрового двойника города, где все городские службы самостоятельно могут получить необходимую информацию для планирования своей деятельности, обеспечения материальными ресурсами и получения необходимых согласований для проведения работ.

Инновационный потенциал разработки, использования и перспективы развития

Инновационный потенциал разработки и использования заключен в возможности объединения статических и динамических данных из любых источников. Например, привязки слоев цифровых моделей рельефа (ЦМР), 3D-моделей местности (фотограмметрия), выполненных при помощи БПЛА, лазерного сканирования местности с образованием 3D-массива точек.

Все это объединяется в единую систему посредством связывания информации послойно и точно в системе GPS-координат и может быть рассмотрено как совместно, так и отдельно, а также в необходимых сочетаниях, что и является моделированием сценариев.

Заключение

Таким образом, геоинформационная система «Цифровой двойник города» является не только хранилищем данных о муниципальных объектах, но также единым ядром, объединяющим кабинеты пользователей из различных городских служб, одновременно позволяющая пользователям быть независимыми в получении необходимой для организации рабочих процессов информации, но и действовать, учитывая существующие обстоятельства, что ускоряет рабочие процессы.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент подачи статьи в редакцию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников

1. Цифровые двойники мегаполисов оптимизируют работу всех служб города [Электронный ресурс] // Российская газета. - 2025. - 20 ноября. URL: <https://rg.ru/2025/11/20/v-virtuale-est-gorod.html> (дата обращения: 16.08.2026 г.).
2. Цифровой двойник Новороссийска на базе Б5ГИС стал лауреатом «Умного города» [Электронный ресурс] // РБК Компании. - URL: <https://companies.rbc.ru/news/GAKaKP5N4W/tsifrovoy-dvojn timer-novorossijska-na-baze-b5gis-stal-laureatom-umnogo-goroda/> (дата обращения: 16.08.2026 г.).
3. Постановление администрации муниципального образования город Новороссийск от 17 мая 2022 г. № 2550 «О создании геоинформационной системы „Цифровой двойник города“» // Официальный сайт администрации муниципального образования город-герой Новороссийск. - URL: admnvrsk.ru (дата обращения: 16.08.2026 г.).
4. Постановление администрации муниципального образования город-герой Новороссийск от 23 октября 2024 г. № 5031 «О внесении изменений в постановление администрации муниципального образования город Новороссийск от 17 мая 2022 г. № 2550 «О создании геоинформационной системы „Цифровой двойник города“» и признании утратившим силу пункта 2 постановления администрации муниципального образования город Новороссийск от 7 августа 2023 г. № 3623» // Официальный сайт администрации муниципального образования город-герой Новороссийск. - URL: admnvrsk.ru (дата обращения: 16.08.2026 г.).
5. Федеральный закон от 24 июня 2025 г. № 180-ФЗ «О внесении изменений в Жилищный кодекс Российской Федерации и статьи 6 и 7 Федерального закона «О государственной информационной системе жилищно-коммунального хозяйства»» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: сайт. - URL: consultant.ru (дата обращения: 16.08.2026 г.).
6. ГОСТ Р 57700.37-2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения [Электронный ресурс] // docs.cntd.ru. - URL: docs.cntd.ru (дата обращения: 16.08.2026 г.).

Development and Use of a Geoinformation System - City Digital Twin in the Housing and Utilities Sector of Novorossiysk

Rafael Rubenovich Beglyarov¹, Natalya Petrovna Shkutko²

¹*Administration of the Municipal Formation of the City of Novorossiysk, Russia*

²*Branch of the Belgorod State Technological University named after*

V. G. Shukhov in Novorossiysk,

Novorossiysk, Russia

¹ gkh-amon@mail.ru, ^{2*} shkutko.natalya@yandex.ru

Abstract

The article examines the structure and functionality of the Geoinformation System - the City Digital Twin, using the existing platform in Novorossiysk as a case study. The legal basis for the development is presented, and the capabilities available to users for entering, retrieving, and analyzing various digital data in the housing and utilities sector are discussed.

Keywords: digital twin, geoinformation system, information technologies in the housing and utilities sector, digital modeling in the housing and utilities sector.

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_135

Научная статья

УДК 622.691.4

ГРНТИ 67.53.27

ВАК 2.8.5

Особенности организации ремонта и реконструкции газопроводов в условиях плотной городской застройки

Софья Александровна Щербакова¹, Юлия Сергеевна Матвеева²
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия

¹ sofya.shcherbakova.0200@mail.ru, ² yuliya.matveeva@klgtu.ru

Аннотация

В статье рассмотрены современные методы и технологии ремонта и реконструкции подземных газопроводов в условиях плотной городской застройки. Проанализированы основные проблемы, возникающие при проведении работ в стесненных условиях города: ограниченность пространства, насыщенность подземных коммуникаций, необходимость сохранения дорожного покрытия.

Представлены характеристики и рекомендации по применению бестраншейных технологий — санации, горизонтального направленного бурения, микротоннелирования и реновации. Обоснована экономическая, технологическая и социальная эффективность внедрения данных методов.

Ключевые слова: газопровод, реконструкция, плотная городская застройка, бестраншейные технологии, горизонтальное направленное бурение, микротоннелирование, реновация.

Введение

Газораспределительные сети современных городов представляют собой сложную инженерную систему, значительная часть которой была построена в 1960–1980-х годах. Естественный износ трубопроводов, коррозия металла и увеличение потребления газа требуют своевременной реконструкции и замены изношенных участков [1]. Как отмечается в [2], грамотное проектирование газораспределительных систем на этапе реконструкции позволяет обеспечить надежность газоснабжения, а также и минимизировать вмешательство в городскую инфраструктуру.

Однако проведение ремонтных работ в условиях плотной городской застройки сопряжено с рядом серьезных трудностей. Традиционный открытый (траншейный) способ прокладки и замены газопроводов требует вскрытия дорожного покрытия, ограничения движения транспорта, переноса существующих коммуникаций и последующего восстановления благоустройства. В исторических районах городов, на оживленных магистралях и в местах с высоким залеганием грунтовых вод такие работы становятся практически невозможными или экономически нецелесообразными [1].

В связи с этим все большее распространение получают бестраншейные технологии, позволяющие проводить реконструкцию газопроводов с минимальным

вмешательством в городскую инфраструктуру. Цель данной работы — систематизировать современные методы бестраншейного ремонта газопроводов и обосновать их применение в условиях плотной городской застройки, а также дополнить анализ данными математического моделирования и экспериментальных исследований.

Проблемы традиционных методов реконструкции

Капитальный ремонт газопровода традиционным открытым способом предполагает выполнение следующих операций: вскрытие дорожного покрытия, разработка траншеи, демонтаж старого трубопровода, укладка нового, обратная засыпка и восстановление благоустройства [1].

В условиях современного города этот подход имеет существенные недостатки:

1. Нарушение транспортного сообщения — перекрытие полос движения, изменение маршрутов общественного транспорта, образование заторов.
2. Повреждение существующих коммуникаций — высокая вероятность пересечения с другими подземными сетями (водопровод, канализация, кабели связи и электропередачи).
3. Значительные сроки проведения работ — от нескольких месяцев до года на сложных участках.
4. Высокие затраты на восстановление — необходимость повторного асфальтирования и благоустройства.
5. Социальная напряженность — неудобства для жителей, шум, пыль, ограничение доступа к домам и магазинам.

Особенно остро эти проблемы проявляются в исторических центрах городов, где плотность застройки максимальна, а требования к сохранению архитектурного облика — наиболее жесткие [3].

Дополнительную сложность вносит необходимость моделирования гидравлических режимов работы газораспределительных сетей низкого давления на время проведения ремонтных работ. Математическое моделирование позволяет заранее оценить изменение параметров газоснабжения потребителей при отключении отдельных участков и выбрать оптимальную схему перепуска газа на период ремонта [4], что особенно актуально в плотной городской застройке.

Классификация и характеристика бестраншейных технологий

Бестраншейные технологии представляют собой комплекс методов восстановления, прокладки, замены и ремонта подземных трубопроводов с минимальным вскрытием земной поверхности [1]. Согласно [5], выбор конкретного метода должен учитывать не только технические параметры, но и доступное оборудование для проходки, протяжки и разрушения старых труб.

В зависимости от конкретных условий и поставленных задач применяются различные технологии, которые можно классифицировать следующим образом.

Санация (метод «феникс»)

Санация — это метод бестраншейного ремонта газопроводов (рисунок 1), заключающийся в армировании внутренней поверхности трубопровода специальным

полимерным рукавом («чулком»). Рукав изготавливается из полиэфирных и нейлоновых нитей, пропитанных полиэтиленом или эпоксидными смолами [6].

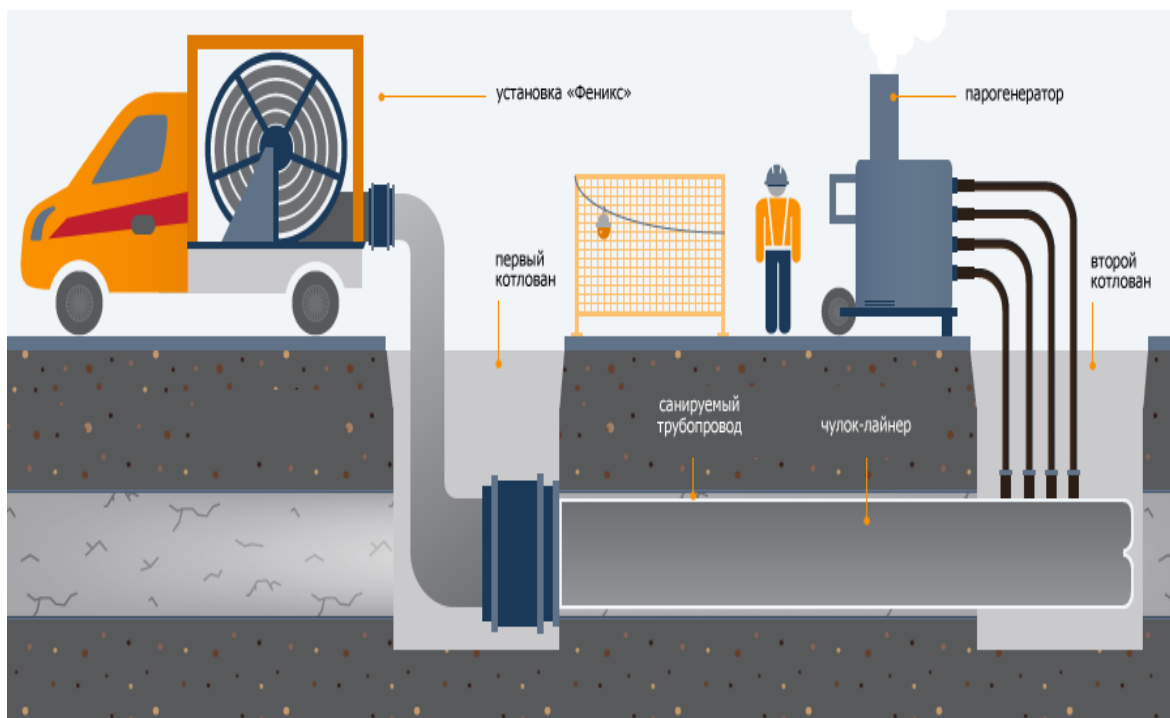


Рисунок 1 – Санация метод «Феникс» [6]

Технология выполняется следующим образом:

1. На границах ремонтируемого участка отрываются два котлована (стартовый и приемный).
2. В полость трубы вводится полимерный рукав.
3. Под воздействием повышенного давления и температуры (или УФ-излучения) рукав приклеивается к внутренней поверхности трубы, образуя прочное бесшовное покрытие [6].

Преимущества метода санации:

- Отсутствие необходимости демонтажа старой трубы — она используется как внешний корпус.
- Продление срока службы газопровода до 40 лет и более [6].
- Минимальное уменьшение поперечного сечения — благодаря высокой гладкости полимерного покрытия гидравлические потери не увеличиваются.
- Высокая коррозионная стойкость.
- Возможность проведения работ на участках любой протяженности.
- Отсутствие необходимости перекрытия движения транспорта [6].

Горизонтальное направленное бурение (ГНБ)

Горизонтальное направленное бурение (рисунок 2) применяется при прокладке новых газопроводов или замене изношенных участков под дорогами, водоемами, железнодорожными путями, в парках и скверах [7].

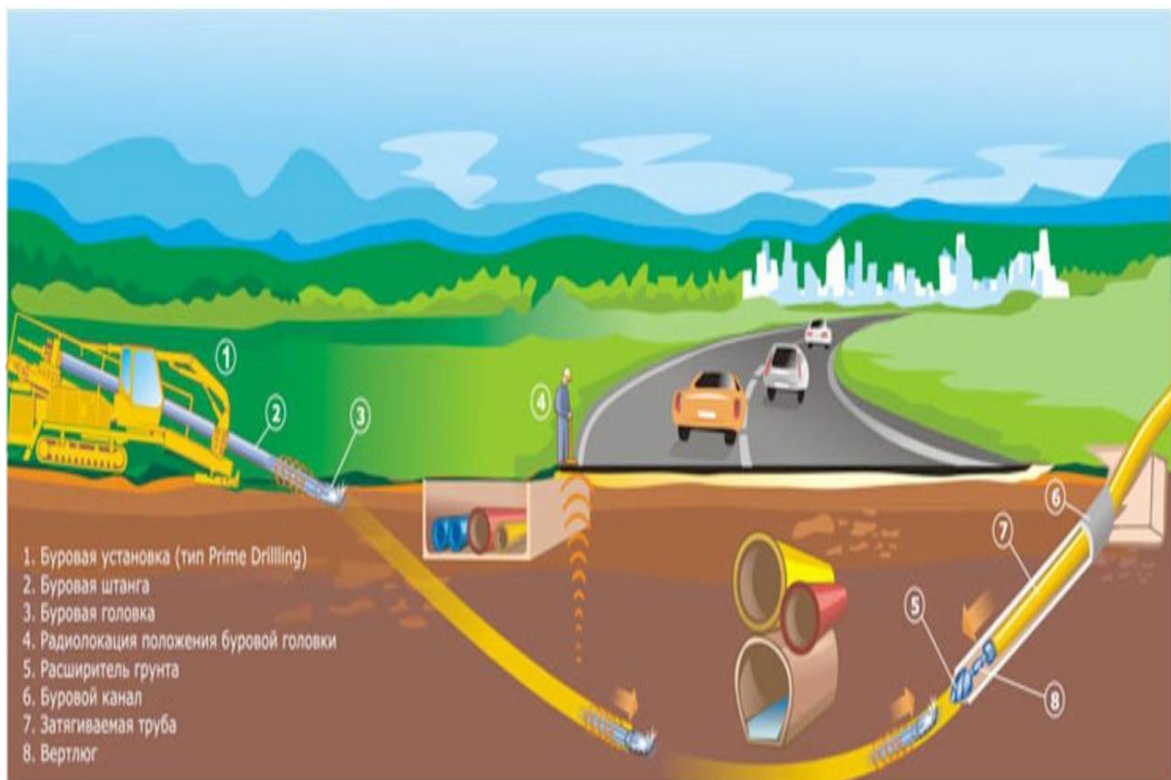


Рисунок 2 – Горизонтальное направленное бурение

Процесс ГНБ включает три основных этапа:

1. Пилотное бурение — буровая установка со специальным съемным наконечником и гибкой штангой пробуривает скважину по заданной траектории. В наконечник встроен навигационный аппарат, позволяющий контролировать и корректировать направление бурения [7, 8];

2. Расширение скважины — после выхода буровой головки в приемный котлован на ее место устанавливается расширитель, который увеличивает диаметр скважины до требуемого размера;

3. Протяжка трубопровода — в подготовленную скважину протягивается новая полиэтиленовая труба.

Технология ГНБ позволяет обходить подземные препятствия, сохранять дорожное покрытие и зеленые насаждения, а также минимизировать время производства работ [8]. Важно подчеркнуть, что при проектировании газораспределительных систем с использованием ГНБ необходимо учитывать радиусы изгиба полиэтиленовых труб, которые зависят от их диаметра и материала.

Микротоннелирование

Микротоннелирование применяется на особо сложных участках (рисунок 3): при пересечении рек (строительство газопроводов-дюкеров), под железнодорожными путями, в зонах с высокой плотностью существующих коммуникаций [9].

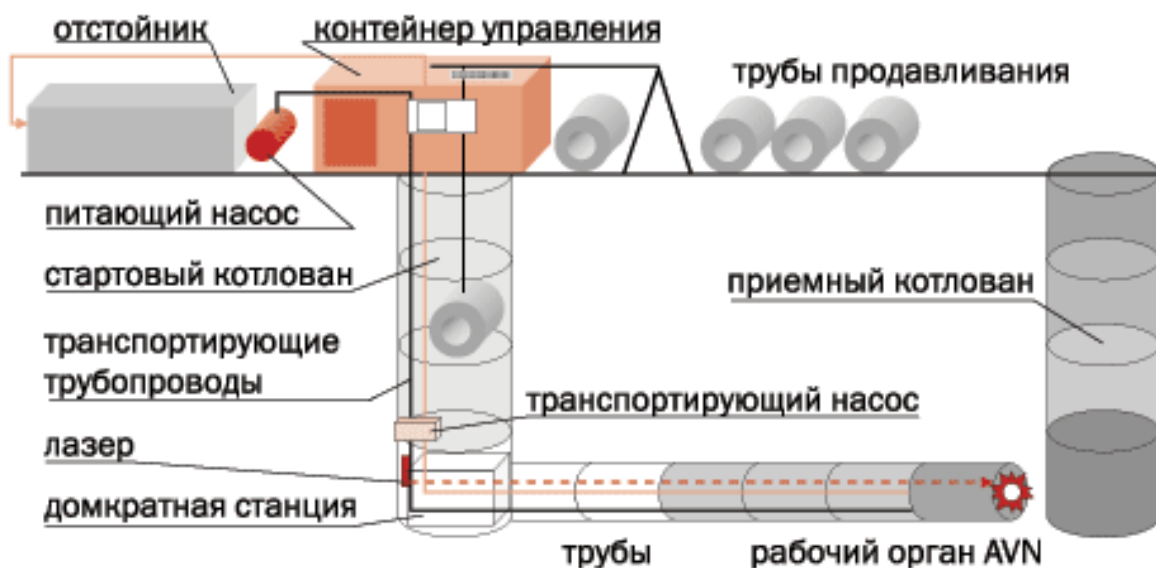


Рисунок 3 – Микротоннелирование

Особенности технологии:

- из поверхности грунта строятся вертикальные шахты (стартовая и приемная) глубиной до 8–12 метров;
- из стартовой шахты микротоннельный комплекс (микрощит) осуществляет проходку с избыточным давлением воды в забое;
- подача воды к режущему органу и отсос пульпы (смеси грунта, воды и бентонита) выполняются насосами;
- в стартовую шахту подаются звенья обсадных труб (железобетонных или стальных), которые вдавливаются в грунт домкратами [9];
- корректировка траектории осуществляется лазерной системой ведения; все технологические функции компьютеризированы.

Микротоннелирование обеспечивает высокую точность проходки (отклонения измеряются миллиметрами) и позволяет сооружать тоннели длиной более 1 км без дополнительных шахт [8, 9]. Этот метод незаменим при строительстве коллекторов для совместной прокладки газопроводов с другими инженерными сетями [7].

Реновация (замена трубы с разрушением)

Метод реновации, или «труба в трубу с разрушением» (рисунок 4), представляет собой замену старого газопровода новым полиэтиленовым трубопроводом большего или равного диаметра. Процесс заключается в следующем: специальный пневмопробойник или расширитель разрушает старую трубу, одновременно протаскивая на ее место новую полиэтиленовую плетель [1].

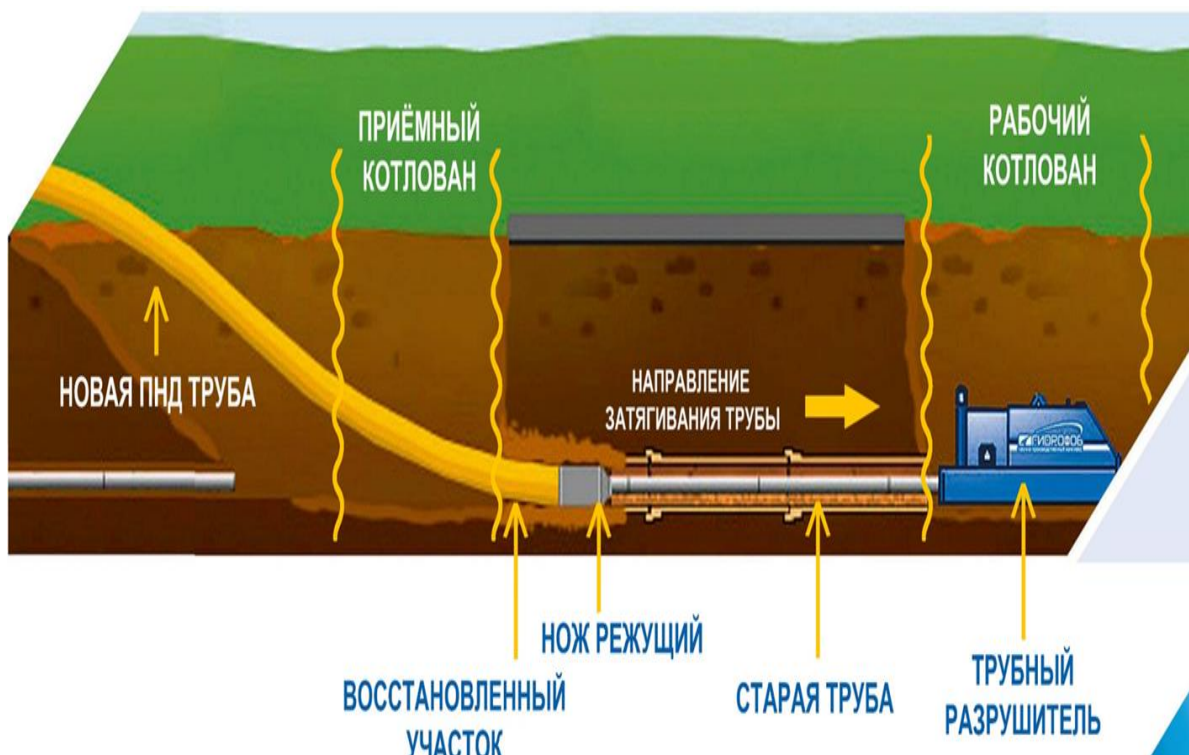


Рисунок 4 – Реновация

Преимущества метода:

- возможность увеличения диаметра газопровода на один типоразмер;
- протяжка плетей длиной более 100 м;
- использование трассы старого трубопровода, что исключает риск повреждения соседних коммуникаций;
- минимальный объем земляных работ (требуется только стартовый и приемный котлованы).

Сравнительный анализ и рекомендации по выбору метода

Выбор конкретного метода бестраншейной реконструкции зависит от ряда факторов: диаметра и материала существующего газопровода, степени его износа, требуемого срока службы, гидрогеологических условий, плотности окружающей застройки и наличия пересекающих коммуникаций. В таблице 1 представлены основные критерии выбора технологии.

При этом, опираясь на [4], отметим, что перед началом любых ремонтных работ необходимо выполнить гидравлическое моделирование газораспределительной сети [4].

Моделирование позволяет:

- определить зоны падения давления при отключении ремонтируемого участка;
- обосновать необходимость установки временных перемычек или шунтов;
- рассчитать резерв пропускной способности параллельных газопроводов;
- оценить режимы газоснабжения конечных потребителей на период ремонта [4].

Таблица 1 — Рекомендации по применению бестраншейных методов реконструкции газопроводов

Метод	Оптимальный диаметр, мм	Преимущества	Ограничения
Санация («Феникс»)	100–800	Минимальные земляные работы, сохранение диаметра, срок службы до 40 лет	Требует чистой внутренней поверхности трубы
Горизонтальное направленное бурение	до 630	Обход препятствий, сохранение покрытия, высокая скорость	Ограничение по длине (до 300–400 м)
Микротоннелирование	200–1200	Высокая точность, проходка под любыми преградами, большая длина	Высокая стоимость, необходимость шахт
Реновация (с разрушением)	100–500	Увеличение диаметра, использование старой трассы	Вибрация при разрушении старой трубы

Экономическая и социальная эффективность

Применение бестраншейных технологий при реконструкции газопроводов обеспечивает значительный экономический эффект. Как отмечают специалисты, проведение аналогичных работ открытым траншейным способом в условиях плотной городской застройки сопряжено с высокой стоимостью или практической невозможностью реализации [1].

Экономические преимущества бестраншейных методов:

- отсутствие затрат на вскрытие и вывоз грунта, восстановление асфальтового покрытия и благоустройство;
- значительное сокращение сроков проведения ремонтных работ (например, санация вместо трех месяцев работ занимает несколько недель) [8];
- работы проводятся малым количеством рабочих;
- не требуется тяжелая землеройно-транспортная техника;
- снижение затрат на согласования и получение ордеров на земляные работы [1].

Социальная эффективность выражается в:

- отсутствии необходимости перекрытия движения транспорта;
- сохранении привычных маршрутов пешеходов;
- сохранении зеленых насаждений;
- возможности проведения работ в исторических центрах без риска повреждения старинных зданий [1].

Дополнительным фактором эффективности является снижение рисков аварийных утечек газа в период проведения работ.

Экспериментальные исследования показывают, что расход газа при аварийной утечке на линейном участке газопровода существенно зависит от характера разрушения

трубы и давления в системе [10]. Применение бестраншейных технологий, исключающих вскрытие траншей уменьшает вероятность повреждения газопровода.

Опыт применения в городе Калининград

Калининград представляет собой уникальный объект для исследования в рамках заявленной темы. Исторический центр города сформирован преимущественно архитектурным наследием немецкого периода (здания конца XIX — начала XX века), что предполагает высокую плотность застройки, узкие улицы, наличие подземных коммуникаций, проложенных десятилетия назад, и жесткие требования к сохранению объектов культурного наследия [11]. Традиционные открытые методы реконструкции здесь либо запрещены охранными нормами, либо экономически нецелесообразны из-за необходимости демонтажа мостовых и восстановления исторического облика.

Анализ практики газоснабжающих организаций и администрации города показывает, что с середины 2010-х годов приоритет в Калининграде отдается методу горизонтально-направленного бурения (ГНБ) как основному инструменту «точечной» газификации объектов в охранных зонах.

Газификация бастиона «Кронпринц»

Наиболее показательным примером успешного применения бестраншейных технологий является проект прокладки газопровода к историческому комплексу оборонительной казармы «Кронпринц» (рисунок 5), находящийся на Литовском валу. До 2016 года объект культурного наследия федерального значения отапливался от угольной котельной, что создавало экологические риски и не соответствовало современным стандартам музейного хранения (требования к температурно-влажностному режиму) [11, 12].



Рисунок 5 – Казарма «Кронцпринц» [12]

Условия реализации проекта:

1. Трасса проектируемого газопровода сталкивалась с классическими для плотной застройки препятствиями:

- пересечение проезжей части Литовского вала (оживленная магистраль);
- проход через тело оборонительного вала (искусственное насыпное сооружение, являющееся частью памятника);
- пересечение крепостного рва с протекающим по дну ручьем [11].

Применение открытого способа в данном случае привело бы к разрушению культурного слоя, повреждению дренажных систем вала и полному перекрытию движения. Решение было найдено в использовании ГНБ.

2. Технические параметры работ:

- метод: Горизонтально-направленное бурение;
- объем: Две проходки длиной по 80 метров каждая [12];
- глубина залегания: 11–15 метров (обеспечило прохождение под фундаментами вала и руслом ручья без их вскрытия) [11];
- сроки работ: 2–3 дня (время непосредственного бурения без учета подготовительных работ) [12].

3. Результаты и выводы:

Проект был реализован в 2016 году.

Стоимость муниципального контракта составила 2,3 млн. рублей [11].

Эффект выразился не только в переводе котельной с угля на газ, но и в полном сохранении дорожного покрытия, зеленых насаждений и архитектурной целостности вала.

Данный опыт подтвердил, что ГНБ является единственно приемлемым методом проходки под искусственными насыпями и водными преградами в черте города.

Заключение

1. Ремонт и реконструкция газопроводов в условиях плотной городской застройки требуют применения специализированных бестраншейных технологий, минимизирующих вмешательство в сложившуюся городскую среду.

2. Основными методами бестраншейной реконструкции являются санация (метод «Феникс»), горизонтальное направленное бурение, микротоннелирование и реновация. Каждый метод имеет оптимальную область применения, определяемую диаметром трубопровода, гидрогеологическими условиями и требованиями к результату.

3. Бестраншейные технологии обеспечивают значительную экономическую эффективность за счет сокращения сроков работ, отсутствия затрат на восстановление благоустройства и минимизации использования тяжелой техники.

4. Социальный эффект от применения данных методов выражается в сохранении транспортной доступности, отсутствии неудобств для жителей и возможности проведения работ в исторических районах без ущерба для архитектурного наследия. Кроме того, снижается риск аварийных утечек газа [10].

5. Опыт города Калининграда подтвердил, что дальнейшее развитие и внедрение бестраншейных технологий является приоритетным направлением модернизации газораспределительных сетей в условиях современной городской застройки.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент передачи статьи в редакционную коллегию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Лютова Т.Е. Особенности и возможности современных способов реконструкции и ремонта подземных газопроводов в условиях городской застройки/ Т. Е. Лютова // Ползуновский вестник -2014. -№1. – С. 92–95.
2. Проектирование газораспределительных систем: учебное пособие для студентов направлений 21.03.01 Нефтегазовое дело 21.04.01 Нефтегазовое дело / Р. А. Шестаков, И. В. Орехова, Ю. С. Матвеева [и др.]. – Москва: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2024. – 121 с. – ISBN 978-5-91961-532-3. – EDN LMLUIA.
3. Реконструкция газопроводов среднего и низкого давления завершилась в Хамовниках // Информационный Центр Правительства Москвы. - 2025. - 4 апр.,- URL: <https://www.mos.ru/news/item/152130073/> (дата обращения: 05.04.2026).
4. Матвеева, Ю. С. Моделирование работы газораспределительных сетей низкого давления при проведении ремонтных работ / Ю. С. Матвеева // Трубопроводный транспорт с 2021 : Тезисы докладов XVI Международной учебно-научно-практической конференции, Уфа, 17–18 ноября 2021 года. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2021. – С. 133-134. – EDN CSXHEW.
5. Технологическое оборудование транспорта и хранения газа : Учебное пособие для студентов направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело» / А. С. Алихашкин, Н. Н. Голунов, С. В. Дейнеко [и др.]. – Москва: Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, 2023. – 153 с. – EDN PNLLCH.
6. Реконструкция газопроводов по технологии «Феникс» - санация // АО «Мосгаз».
7. Какие методы используют в столице при строительстве и реконструкции подземных инженерных коммуникаций // Рамблер/новости. - 2026. - 2 мар. - URL:https://news.rambler.ua/moscow_city/56124552-kakie-metody-ispolzuyut-v-stolitse-pri-stroitelstve-i-rekonstruktsii-podzemnyh-inzhenernyh-kommunikatsiy/ (дата обращения: 05.04.2026).
8. Как столичные предприятия применяют бестраншейные технологии на пользу городу // АО «Мосгаз». - 2025. - 23 апр.,- URL: <https://www.mos-gaz.ru/press-service/publications/2025/04/23/6484> (дата обращения: 05.04.2026).
9. Шеногин М.В., Захарова Д.Ю. Особенности применения технологии микротоннелирования при строительстве газораспределительных сетей в условиях плотной городской застройки / М.В. Шеногин, Д.Ю. Захарова // Вестник магистратуры, 2021, № 9-2. С. 120.
10. Николаев, А. К. Экспериментальные исследования определения расхода газа при аварийной утечке на линейном участке газопровода / А. К. Николаев, В. Г. Фетисов, Ю. В. Лыков // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2017. – № 2(60). – С. 14-17. – EDN ZOGFXV.
11. Бойко Е. Вековому бастиону – современное отопление// Официальный сайт Администрации городского округа «Город Калининград». - 2016. - 26 июл. - URL: <https://www.klgd.ru/press/news/detail.php?ID=432681> (дата обращения: 11.04.2026).

12. Амозов К. В Калининграде газифицируют старый немецкий бастион// Калининград.Ru. - 2016. - 26 июл. - URL: <https://kgd.ru/news/society/item/55723-v-kaliningrade-gazificiruyut-staryj-nemeckij-bastion/amp> (дата обращения: 11.04.2026).

Organizational features of repair and reconstruction of gas pipelines in conditions of dense urban development

Sofia Alexandrovna Shcherbakova¹, Yulia Sergeevna Matveeva²

^{1,2} *Kaliningrad State Technical University, Institute of Marine Technologies, Energy and Construction, Kaliningrad, Russia*

¹ sofya.shcherbakova.0200@mail.ru, ² yuliya.matveeva@klgtu.ru

Abstract

The article examines modern methods and technologies for the repair and reconstruction of underground gas pipelines under conditions of dense urban development. The main problems arising when carrying out works in cramped urban conditions are analyzed: limited space, high density of underground utilities, the need to preserve road pavement.

Characteristics and recommendations for the application of trenchless technologies — lining (cured-in-place pipe), horizontal directional drilling, microtunneling, and pipe bursting (renovation) — are presented. The economic, technological, and social efficiency of implementing these methods is substantiated.

Keywords: gas pipeline, reconstruction, dense urban development, trenchless technologies, horizontal directional drilling, microtunneling, renovation.

ОХРАНА ТРУДА, ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_3_146

Научная статья

УДК 622.5

ГРНТИ 70.27.19

ВАК 2.1.4, 2.1.10

Рациональное использование рассолов и солей после деминерализации шахтных вод

Татьяна Васильевна Стажок

ГБУ «ДОНГИПРОШАХТ»,

Донецк, Россия

stagok@bk.ru

Аннотация

Проблема утилизации или использования рассолов после деминерализации (очистки воды методом обратного осмоса) обострилась в мире по мере того, как возникла необходимость опреснения дополнительного ее объема из нетрадиционных источников (морской, подземной и пр.) вследствие дефицита воды питьевого качества, возникшего по ряду различных причин (изменение климата, увеличение водопотребления, загрязнения и обмеления существующих источников и т.д.). В нашем регионе, обладающем огромными запасами шахтных вод и страдающем от нехватки питьевой воды из поверхностных источников, существует острая необходимость в их очистке и доведении до питьевого качества. Побочным продуктом после очистки являются насыщенные рассолы, которые нельзя сбрасывать в гидрографическую сеть. В статье приведены существующие и перспективные методы утилизации рассолов, в том числе путем выделения сухого вещества и возможности дальнейшего их использования.

Ключевые слова: шахтная вода, очистка, обратный осмос, рассолы, утилизация, обессоливание.

Постановка проблемы

Нехватка питьевой воды уже стала мировой проблемой и постоянно усугубляется из-за комплекса факторов: изменения климата, демографического роста и перераспределения водопотребления. Если в начале века ежегодное потребление воды на различные нужды составляло 12-15 тыс. км³, то в ближайшие 10 лет ожидается его увеличение на 3-5 тыс. км³ ежегодно. Это ставит под сомнение возможность обеспечения населения и промышленности водой из природных источников с приемлемыми затратами на очистку и транспортировку.

К 2030 году прогнозируется 30 %-й рост спроса на воду, при этом дефицит достигнет 40 %. Компенсировать этот дефицит можно за счет опреснения огромных запасов соленых и солоноватых вод Мирового океана и подземных источников (98 % всех мировых водных ресурсов). В нашем регионе перспективным источником могут стать шахтные воды, объем которых в ДНР достигает 557,5 тыс. м³ в сутки.

Таким образом, актуализируется вопрос использования воды из альтернативных источников, требующей передовых методов очистки, в частности, мембранного разделения (обратный осмос), способного удалять до 99,5 % загрязнений.

Однако, несмотря на эффективность, обратный осмос сопряжен с определенными трудностями: высокая стоимость эксплуатации из-за необходимости частой замены мембран и проблема утилизации концентрированных рассолов. При опреснении морской воды, где рассол обычно сбрасывается в море, критически важна скорость течения для его разбавления. Недостаточное перемешивание может привести к экологическим проблемам из-за высокой плотности рассола, который оседает на дно и может нанести вред водным экосистемам.

Особую сложность представляет утилизация рассолов при опреснении подземных (в том числе шахтных) вод. Поэтому во многих странах активно исследуются пути их повторного использования с целью минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Несмотря на все сложные моменты, возникающие при опреснении воды методом обратного осмоса, в нашей стране решением возникающих проблем успешно занимаются многие научные центры и институты: Свердловский химический институт, Российский химико-технологический институт, мембранный центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, завод Роснано и другие.

Целью исследования является поиск путей решения утилизации рассолов после очистки (деминерализации) воды методом обратного осмоса с целью недопущения попадания их в гидрографическую сеть и ухудшения экологической обстановки в прилегающем районе.

За рубежом метод обратного осмоса давно и успешно применяется для получения питьевой воды из морской.

Имеются многочисленные примеры успешной работы опреснительных установок в Израиле, Китае, США, Австралии.

В городе Ашкелон (Израиль), расположенном в 40 км от Тель-Авива, функционирует крупная опреснительная станция, использующая технологию обратного осмоса. Ее годовая производительность достигает 100 миллионов кубических метров воды. Согласно технологическому процессу, концентрированные солевые растворы, образующиеся в результате опреснения, сбрасываются обратно в море.

В городе Тяньшань (Китай) на побережье Желтого моря, возводится крупнейшая в мире установка по очистке морской воды. Она будет работать по технологии обратного осмоса, разработанной компанией Inge AG, и сможет обрабатывать 111 тысяч кубических метров морской воды ежедневно. По завершении процесса очистки, концентрированные рассолы будут направляться в море по специально проложенному длинному трубопроводу.

В округе Ориндж (США, Калифорния) применяется обратный осмос для очистки сточных вод. Этот метод позволяет получить воду высокой степени чистоты, которая затем эффективно используется для орошения сельскохозяйственных угодий. Информация о способах утилизации концентрированных растворов на данном объекте отсутствует.

В Аделаиде (Австралия) система обратного осмоса также используется для очистки и повторного использования сточных вод. Исходная вода забирается из загрязненных источников, а очищенная вода применяется для полива парков и сельскохозяйственных земель. Это помогает снизить нагрузку на ограниченные водные ресурсы региона. Данные об утилизации рассолов на этом объекте не приводятся.

Самая крупная в США установка по опреснению морской воды (SWRO) находится в Тампе (США). Ее текущая производительность составляет 95 тысяч кубических метров в сутки, с возможностью увеличения до 130 тысяч кубических метров. Установка работает на основе обратного осмоса и была запущена в 2003 году. Концентрированные рассолы отводятся в море по трубопроводу.

В США (Карлсбад) планируется строительство установки по опреснению морской воды производительностью 190 тысяч кубических метров в сутки, которая будет использовать технологию обратного осмоса с высоконапорными мембранами (SWRO). Информация о ходе реализации этого проекта в настоящее время отсутствует.

Крупнейшая в мире установка по опреснению морской воды с высоконапорными мембранами была введена в эксплуатацию в Ашкелоне (Израиль) в мае 2005 года. Ее первоначальная производительность составляла 166 тысяч кубических метров в сутки, а к концу того же года была увеличена до 330 тысяч кубических метров. Очищенная вода используется населением и промышленностью. Концентрированные стоки сбрасываются в море. Однако уже сейчас наблюдаются негативные последствия такого подхода к утилизации рассолов. Специалисты отмечают повышение общего уровня солености исходной морской воды (соленость Персидского залива превысила 51 г/литр), что приводит к катастрофическим и необратимым изменениям в морской экосистеме и угрожает всей экологии региона.

В России (Республика Крым, Сакский район) по проекту института РХТУ (Российского химико-технологического института им. Д.И. Менделеева) строится опреснительная станция на морской воде. Заявленная общая мощность двух опреснителей — 40 тыс. м³ в сутки, значит, 1,6 тыс. м³ в час. Для питьевых нужд ее разбавляют природной питьевой водой в пропорции один к двум. Именно так ее используют, например, в Каталонии, где стоят два крупнейших опреснительных завода с минимальной себестоимостью опреснения.

По мнению ученых из Крымского Федерального Университета (КФУ) в связи со строительством опреснительных установок в Крыму целесообразно предусматривать одновременно со строительством опреснительных станций промышленные предприятия по переработке рассолов, из которых, например, можно получать гипохлорид натрия - очень востребованное в медицине, ЖКХ и в быту вещество и исключить негативные воздействия от сброса рассолов в природную среду. Гипохлорид натрия NaOCl применяется для обеззараживания воды, отбеливания, очистки поверхностей, устранения запахов, для санитарной обработки и т.д.

При проектировании опреснительных установок целесообразно комплексно подходить к проблеме очистки воды и утилизации концентрированных рассолов, решая одновременно и экологические проблемы. По одной из предложенных схем часть объема рассола поступает на дальнейшую переработку, в том числе для производства стройматериалов. Оставшаяся их часть смешивается с морской водой в определенной пропорции и возвращается в море. Сбрасываемая морская вода является более чистой, поскольку исходная заборная морская вода перед деминерализацией предварительно очищается. Такая комплексная технология будет стоить несколько дороже, но является более экологичной.

Основные результаты исследования.

Традиционная схема хозяйственно-питьевого водоснабжения основана на заборе воды из поверхностных источников (рек, озёр) с последующей очисткой,

обеззараживанием и подачей потребителям. Однако в ряде регионов она становится малоэффективной или нежизнеспособной вследствие маловодности, засушливого климата, неравномерного распределения осадков и иных природно-географических факторов.

Южные районы России демонстрируют данную проблему: отведение дренажных вод с орошаемых территорий при повышенной засолённости почв повышает минерализацию поверхностных вод и ухудшает их питьевое качество. Минерализация в отдельных реках достигает 3-5 г/л (уровни, сопоставимые с шахтными водами), а в подземных водах (колодцы, скважины) – 5-8 г/л, что вынуждает население использовать для питья высокоминерализованную воду и повышает риски неблагоприятного воздействия на здоровье.

Донбасс также относится к маловодным регионам; дефицит воды питьевого качества может быть частично компенсирован использованием шахтных вод после соответствующей водоподготовки. По результатам многолетних наблюдений в ДНР, состав шахтных вод существенно варьирует между предприятиями; распространены воды различных ионных типов с солесодержанием 2,0-5,5 г/л.

Традиционные методы водоподготовки (коагуляция, отстаивание, фильтрование, обеззараживание), ориентированные преимущественно на удаление взвешенных и коллоидных примесей, недостаточно эффективны для удаления растворённых веществ, включая минеральные соли и антропогенные загрязнители. В связи с этим обратный осмос рассматривается как перспективная технология получения воды высокого качества для проблемных регионов. При этом широкое внедрение мембранных систем сдерживается их стоимостью, хотя развитие технологий и расширение производства ведут к постепенному снижению затрат и расширению возможностей строительства опреснительных станций.

Одновременно сохраняется ключевая эксплуатационная проблема – утилизация рассолов, являющихся неизбежным продуктом обессоливания. Поэтому решения по переработке и размещению рассолов целесообразно закладывать на стадии проектирования, до ввода установок в эксплуатацию.

Основными методами обработки и утилизации концентрата являются:

1. Сброс в канализационную сеть или природные водоёмы – наиболее простой, однако экологически небезопасный способ, допускаемый лишь при условии соответствия концентрата нормативам сброса сточных вод, установленным действующими нормами и правилами [1]. В ряде регионов Российской Федерации действуют жёсткие ограничения по содержанию солей в сточных водах, вследствие чего данный метод без предварительной обработки концентрата оказывается неприменимым.

2. Концентрирование и кристаллизация – технология, предусматривающая дополнительное сгущение концентрата методами выпаривания, вымораживания либо вакуумной дистилляции с последующим получением твёрдых солей. Преимуществом является формирование практически безводного остатка, однако реализация процесса сопровождается существенными затратами электроэнергии [2]. Так, вакуумное выпаривание представляет собой удаление жидкой фазы рассола при пониженном давлении (вакууме) и, как правило, применяется для доведения исходного раствора до состояния сухого порошка. Выпаривание может осуществляться при различных режимах (в том числе при пониженных температурах либо при повышенных давлениях) в зависимости от требуемых параметров процесса [3].

Наряду с указанными подходами, значимую роль в решении задачи утилизации продуктов опреснения (рассолов) играет использование зарубежного опыта. В Израиле

на установках прямого осмоса широкое применение получил углекислый аммоний $((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)$. Рассол (либо высокоминерализованная вода) смешивается с данным веществом, в результате чего протекает реакция замещения: молекулы воды переходят в область с углекислым аммонием, тогда как соли остаются в другой области. Образовавшийся раствор углекислого аммония нагревают до $+60^\circ\text{C}$, что приводит к его разложению на аммиак и углекислый газ; при организации их улавливания указанные газы могут быть использованы повторно. Итогом процесса является получение воды, пригодной для питьевых, технических и хозяйственных нужд. Данная технология дешевле выпарных установок, исключает сброс рассолов в канализацию и может применяться в районах, где отсутствует возможность закачки концентрата в глубокие подземные горизонты (скважины).

3. Повторное использование в технологическом цикле – концентрированный рассол может применяться для приготовления растворов реагентов либо в иных процессах, не предъявляющих высоких требований к качеству воды [4].

4. Глубокое концентрирование на мембранах – использование электродиализа, нанофильтрации или многоступенчатого обратного осмоса с целью дальнейшего концентрирования и сокращения объёма концентрированных рассолов [5].

5. Закачка в глубокие горизонты – способ, применяемый в отдельных промышленных районах и предусматривающий нагнетание концентрата в глубокие подземные горизонты, изолированные от водоносных слоёв питьевого назначения. Вместе с тем данный подход связан со значительными экологическими рисками, способными приводить к засолению почв, развитию эрозионных процессов, снижению эффективности использования земельных участков, а также в целом характеризуется высокой степенью неопределённости и требует дополнительных углублённых исследований.

6. Биологическая обработка – в ряде случаев возможно применение биологических методов для уменьшения содержания органических соединений в концентрате перед его последующей обработкой либо сбросом [6].

7. Выпаривание.

8. Электрохимическая коагуляция рассола (концентрата).

9. Удаление карбоната кальция из концентрата обратноосмотических установок путем кристаллизации на «затравке» [7].

10. Концентрирование рассолов вымораживанием [8].

На стадии корректировки состава концентрата должно предусматриваться удаление примесей до концентраций, обеспечивающих получение солепродуктов необходимого качества. Для очистки концентрированных растворов в основном применяются реагентные методы.

Состав операций, входящих в стадию разделения определяется взаимной растворимостью солей в вводно-солевой системе. В общем случае эта стадия может включать упаривание или охлаждение с кристаллизацией, сгущение и отделение кристаллов, их отмывку и другие операции. Могут применяться и химические способы. Они заключаются в том, чтоб так или иначе выделить растворенные в воде вещества для последующего удаления. Например, могут применяться катализаторы кристаллизации некоторых веществ (например, сульфата кальция, который активно используется в пищевой промышленности).

Для примера рассмотрим некоторые методы утилизации рассолов, которые в настоящее время имеют практическое применение.

1. Метод выпаривания рассолов целесообразен в тех случаях, когда характер отходов позволяет их утилизировать в твердом состоянии и существует возможность легального вывоза высушенных рассолов на полигон. Для сушки конденсат может быть помещен в сборный резервуар, вода из него постепенно испаряется. Твердые отложения собирают и отправляют на полигон. Если есть возможность нагревания бака - процесс будет происходить гораздо быстрее.

Проблемой утилизации рассола методом выпаривания в России занимается ООО «НПЦ ПромВодОчистка». Согласно их исследованиям, при выпаривании растворенные соли просто остаются на дне резервуара, а нагревание содержимого бака для интенсификации процесса несет в себе дополнительные энергозатраты, что является недостатком этого метода и применение его целесообразно при наличии избыточной тепловой энергии в районе расположения опреснительной установки.

2. Концентрированный рассол, который остается после очистки обратным осмосом, можно использовать повторно – в качестве пермеата. Для этого требуется предусмотреть дополнительную трубопроводную обвязку, по которой концентрат будет циркулировать через мембрану обратного осмоса многократно (известно применение не более 5 циклов). Благодаря этому методу снижаются потери сырья при фильтрации.

3. Существует технология удаления из концентрата обратноосмотических установок карбоната кальция путем его кристаллизации на затравке. Кристаллы затравки находятся во взвешенном состоянии в циркулирующем потоке концентрата. Благодаря осаждению карбоната кальция на затравке снижается общее солесодержание концентрата, и снижаются концентрации кальция - ионов и бикарбонат – ионов. Для осуществления технологии используются мембранные аппараты с «открытым каналом», устойчивые к влиянию на процесс мембранного переноса осадков малорастворимых в воде солей и взвешенных веществ. Концентрат установок после обработки может быть использован в качестве технической воды, подаваемой в теплосеть или системы оборотного водоснабжения.

Различные химические соединения, извлекаемые из рассолов определенного химического состава, имеют широкое применение в различных отраслях.

Карбонат кальция (CaCO_3), потенциально извлекаемый при переработке концентрированных рассолов после обратноосмотических установок, представляет собой массовый и экономически доступный неорганический продукт, востребованный благодаря химической инертности, дисперсности и выраженным наполнительно-армирующим свойствам. В строительстве он используется как сырьё для портландцемента и как минеральная добавка к бетонам, растворам, плитке и асфальтобетону для повышения долговечности и снижения себестоимости; в бумажной промышленности – как наполнитель и пигмент, улучшающий яркость, непрозрачность и гладкость бумаги при одновременном сокращении расхода древесного сырья. В полимерных материалах и резинах CaCO_3 применяется как наполнитель/армирующая добавка, повышающая жёсткость, износостойкость, ударную и термическую стойкость изделий, а в лакокрасочных материалах – как пигмент-наполнитель для регулирования реологии, матовости, белизны и укрывистости покрытий. В фармацевтике он используется как источник кальция, антацид и технологический наполнитель, а в пищевой промышленности – как добавка E170 (отбеливатель, стабилизатор, регулятор pH и обоганитель кальцием). В сельском хозяйстве карбонат кальция применяют для известкования кислых почв и как кормовую добавку, в экологических технологиях – для нейтрализации сред и очистки выбросов (в том числе при десульфурации дымовых газов); дополнительно он востребован в средствах личной гигиены (мягкий абразив и

косметический наполнитель), в стекольном производстве (компонент шихты как источник CaO), в клеях и герметиках (наполнитель и загуститель), а также может входить в состав противогололёдных материалов как минеральная солевая компонента.

Для приготовления жидких хлоридных противогололёдных составов целесообразно использовать высококонцентрированные растворы хлоридов натрия, кальция и магния (NaCl , CaCl_2 , MgCl_2). Указанные растворы могут применяться как в индивидуальном виде, так и в форме смесей в различных массовых соотношениях. Максимальная технологическая эффективность, как правило, достигается при использовании насыщенных либо близких к насыщению по концентрации растворов.

Противогололёдные материалы (ПГМ) эксплуатируются в твёрдой, жидкой и смоченной формах. В качестве исходного сырья для их получения наиболее часто рассматривают природные минералы (в частности, бишофит и галит), а также техногенные источники, включая концентрированные рассолы, образующиеся при водоподготовке и опреснении методом обратного осмоса (в том числе хлоридно-натриевые и хлоридно-кальциево-натриевые растворы).

С целью сокращения расхода твёрдых ПГМ (прежде всего NaCl), повышения плавящей способности и увеличения адгезии к дорожному покрытию практикуют предварительное смачивание твёрдой соли растворами солей, обладающими пониженной эвтектической температурой (температурой кристаллизации). Наиболее выраженный эффект обеспечивается при обработке соли 20–25 %-ым раствором CaCl_2 или MgCl_2 при расходе 20–30 % от массы обрабатываемого материала. ПГМ, применяемые на автомобильных дорогах, должны изготавливаться в соответствии с техническими условиями, согласованными с федеральным дорожным органом (или уполномоченной организацией), и сопровождаться сертификатом соответствия. Для приготовления солевых растворов обычно используют NaCl , CaCl_2 и MgCl_2 ; применение иных реагентов допускается при наличии технико-экономического и экологического обоснования.

Практика переработки рассолов демонстрирует возможность извлечения ряда солей и их последующего использования в смежных отраслях. Так, сульфат магния (MgSO_4) востребован как сырьё для получения оксида магния (включая производство магнезиальных цементов), используется в текстильной промышленности (утяжеление волокон, протравы при окрашивании), в целлюлозно-бумажной отрасли (наполнитель), а также в медицине (спазмолитическое, желчегонное и слабительное действие). Сульфат кальция (CaSO_4) представляет собой кальциевую соль серной кислоты и широко встречается в природе в форме дигидрата $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гипс, селенит). Карбонат натрия (Na_2CO_3) (кальцинированная сода) – средняя соль угольной кислоты, характеризующаяся высокой растворимостью и щелочной реакцией растворов; применяется в стекольном производстве, при выпуске моющих средств, при переработке бокситов для получения алюминия, в процессах нейтрализации при очистке нефтепродуктов и в пищевых технологиях. Гидрокарбонат натрия (NaHCO_3) используется в промышленности и пищевой сфере, а также в медицине – в том числе для нейтрализации кислот при химических поражениях и для коррекции кислотности желудочного сока; кроме того, он применяется при приготовлении буферных систем. Хлорид натрия (NaCl) является натриевой солью соляной кислоты и выступает базовым компонентом как пищевой соли, так и значительной доли противогололёдных рецептов.

В целом, ресурсный потенциал солей и рассолов, формирующихся на опреснительных установках (включая обратноосмотические), оценивается как высокий; активное внимание научных и производственных коллективов к проблеме их

переработки создаёт предпосылки для внедрения более эффективных и экологически обоснованных технологических решений в ближайшей перспективе.

Выводы

В условиях нарастающего глобального дефицита питьевой воды и возрастающей сложности очистки воды из альтернативных источников, перед научным сообществом и производственным сектором стоит актуальная задача разработки экономически эффективных методов утилизации или использования концентрированных стоков (рассолов), образующихся в процессе деминерализации на опреснительных установках. Неконтролируемый сброс данных рассолов в природные экосистемы способен вызвать долговременные нарушения экологического баланса в районах расположения опреснительных комплексов, нанося существенный ущерб биосфере и антропогенной среде. Переработка рассолов, помимо позитивного воздействия на окружающую среду, обладает значительным экономическим потенциалом за счет извлечения ценных химических соединений для последующего применения в различных отраслях промышленности. Основная цель исследователей заключается в оптимизации процессов получения высококачественной очищенной и обессоленной воды из исходного сырья различного происхождения (морская, поверхностная, подземная, шахтная вода) и разработке дифференцированных схем утилизации рассолов, учитывающих их специфический физико-химический состав. Реализация данных направлений позволит снизить антропогенную нагрузку на экосистемы регионов с ограниченными водными ресурсами, обеспечить добычу ценных химических соединений из рассолов и усовершенствовать, а также удешевить технологии очистки различных типов поверхностных и подземных вод.

Конфликт интересов

Автор заявляет, что на момент передачи статьи в редакционную коллегию, у него нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. Основы инженерной экологии / В. В. Денисов, И. А. Денисова, В. В. Гутенев, Л. Н. Фесенко. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. – 623 с. – ISBN 978-5-222-21011-6. – EDN YSGKZV.
2. Воронина, Е. Ю. Разработка технологии извлечения щелочных и щелочноземельных металлов из природных рассолов на основе фракционной кристаллизации: специальность 25.00.13 "Обогащение полезных ископаемых": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронина Евгения Юрьевна. – Иркутск, 2008. – 16 с. – EDN NKJGWT.
3. Проектирование вакуум-выпарной установки/ О.П. Банных, Е.И. Борисова, В.А. Константинов [и др.] – Учебное пособие для студентов заочной формы обучения. – СПб, СПбГТИ (ТУ), 2009. – 50 с. – ISBN 5–93808–039–8
4. Утилизация концентратов действующих установок обратного осмоса в схемах водоподготовки промышленных объектов / А. Г. Первов, А. П. Андрианов, Д. В. Спицов, Е. Б. Юрчевский // Вода Magazine. – 2015. – № 5(93). – С. 30-37. – EDN UJSBYR.

5. Мембранные методы в питьевом водоснабжении: подбор мембран, прогноз качества воды, утилизация концентрата / А. Г. Первов, Р. В. Ефремов, Д. В. Спицов [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – № 6. – С. 15-21. – EDN QBVMUT.
6. Астафьева, Л. С. Экологическая химия: учеб. для студентов образовательных учреждений сред. проф. образования / Л. С. Астафьева; Л. С. Астафьева. – Москва: Academia, 2006. – (Среднее профессиональное образование. Общепрофессиональные дисциплины). – ISBN 5-7695-2722-6. – EDN QKOSDN.
7. Удаление карбоната кальция из концентрата обратноосмотических установок путем кристаллизации на затравке / А. Г. Первов, А. П. Андрианов, Т. П. Горбунова [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – № 5. – С. 29-38. – EDN SCXGJB.
8. Русинова, А. А. Концентрирование растворов вымораживанием (обзор) / А. А. Русинова, Ю. М. Полежаев, А. И. Матерн // Аналитика и контроль. – 1999. – Т. 3, № 4. – С. 4-10. – EDN KZCSDL.

Rational use of brines and salts after demineralization of mine water

Tatiana Vasilyevna Stazhok
SBI "DONGYPROSHACHT",
Donetsk, Russia
stagok@bk.ru

Abstract

The problem of disposal or use of brines after demineralization (water treatment by reverse osmosis) has become more acute in the world as there is a need to desalinate its additional volume from non-traditional sources (marine, underground, etc.) due to a shortage of drinking quality water that has arisen for a number of different reasons (climate change, increased water consumption, pollution and shallowing of existing sources, etc.). In our region, which has huge reserves of mine water and suffers from a lack of drinking water from surface sources, there is an urgent need to clean them up and bring them to drinking quality. The by-product after purification is saturated brines, which cannot be discharged into the hydrographic network. The article presents existing and promising methods for the disposal of brines, including by isolating dry matter and the possibility of their further use.

Keywords: mine water, purification, reverse osmosis, brines, utilization, desalination.

Научное издание

**МОЛОДЁЖНЫЙ ВЕСТНИК НОВОРОССИЙСКОГО ФИЛИАЛА
БЕЛГОРОДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМ. В. Г. ШУХОВА
(Молодёжный вестник НФ БГТУ, Т. 6, № 3)**

Сетевое издание

Гл. редактор	Ульянов А.Г.
Отв. редактор	Агамагомедова Е.В.
Тех. поддержка	Сарычев П. И.
Вёрстка	Ульянов А.Г.

Материалы публикуются в авторской редакции, авторы несут ответственность за достоверность, оригинальность и научно-теоретический уровень публикуемого материала.

Подписано к публикации 24.09.2026 г.

Опубликовано в режиме открытого доступа.

URL: <https://rio-nb-bstu.science/ojs/index.php/vestnik-molod>

Издательство филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова» в г. Новороссийске.
353919, г. Новороссийск, Мысхакское шоссе, 75.