



НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ  
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№3(43)

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:  
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-  
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

МОСКВА, 2021



# НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам XLIII международной  
научно-практической конференции*

№ 3 (43)  
Апрель 2021 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва  
2021

УДК 51/53+62

ББК 22+3

НЗ4

Председатель редколлегии:

*Лебедева Надежда Анатольевна* – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

*Ахмеднабиев Расул Магомедович* – канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов Полтавского инженерно-строительного института, Украина, г. Полтава;

*Данилов Олег Сергеевич* – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

*Маршалов Олег Викторович* – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО "Южно-Уральский государственный университет" (НИУ), Россия, г. Златоуст.

**НЗ4 Научный форум: Технические и физико-математические науки:** сб. ст. по материалам XLIII междунар. науч.-практ. конф. – № 3 (43). – М.: Изд. «МЦНО», 2021. – 66 с.

ISSN 2541-8394

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2021

## **Оглавление**

|                                                                                                                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Раздел 1. Технические науки</b>                                                                                                                                                                   | <b>5</b>  |
| <b>1.1. Информатика, вычислительная техника и управление</b>                                                                                                                                         | <b>5</b>  |
| РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА<br>ДЛЯ БЫСТРОГО ПОИСКА, ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ<br>БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ ДАННЫХ<br>Энес Ахмед Зюлфикар                                                                      | 5         |
| <b>1.2. Машиностроение и машиноведение</b>                                                                                                                                                           | <b>10</b> |
| ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЯГОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ<br>СОЧЛЕНЕННЫХ ПОЛНОПРИВОДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ<br>Божко Александр Валерьевич<br>Сокол Павел Александрович                                                              | 10        |
| <b>1.3. Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы</b>                                                                                                              | <b>18</b> |
| ИННОВАЦИИ В ОБОРУДОВАНИИ УСТАНОВОК ОЧИСТКИ<br>ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОКОВ ПОСЕЛКОВЫХ<br>ОБРАЗОВАНИЙ<br>Сидоров Евгений Павлович                                                                      | 18        |
| <b>1.4. Строительство и архитектура</b>                                                                                                                                                              | <b>38</b> |
| ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК<br>МОДИФИЦИРОВАННОГО ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА ДЛЯ<br>ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ<br>МАГИСТРАЛЕЙ<br>Темирканов Руслан Ильясович<br>Ткач Евгения Владимировна | 38        |
| СПОСОБЫ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ<br>НА ПОДТОПЛЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ<br>Латынин Евгений Александрович                                                                                               | 44        |
| <b>1.5. Транспорт</b>                                                                                                                                                                                | <b>52</b> |
| РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ<br>БОЕСТОЙКИХ КОЛЕС<br>Свиридов Виктор Александрович<br>Калинин Никита Сергеевич<br>Лиховидов Дмитрий Викторович                                               | 52        |



## **1.6. Электротехника**

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕЛЕЖКИ  
ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА С МОДАЛЬНЫМ  
УПРАВЛЕНИЕМ

Брюханова Евгения Вячеславовна

Пахомов Александр Николаевич

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

## РАЗДЕЛ 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### 1.1. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

#### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ БЫСТРОГО ПОИСКА, ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ ДАННЫХ

*Энес Ахмед Зюлфикар*

*аспирант,*

*Кабардино-Балкарский государственный  
университет им. Х.М. Бербекова,*

*РФ, г. Нальчик.*

**Аннотация.** Данная статья посвящена разработке программы для быстрой обработки и поиска и больших объемов данных. В статье разработана программа для быстрого поиска и обработки информации на языке программирования C++. Данная программа призваны усовершенствовать методы обработки и поиска информации на предприятиях.

**Ключевые слова:** большие данные; информация; программа; язык программирования; среда разработки.

#### **Введение**

Большие данные (Big data) – это разнообразные данные, которые поступают с постоянно растущей скоростью и объем которых постоянно растет. Хотя термин «большие данные» является относительно новым, процесс сбора и хранения больших объемов информации имеет давнюю историю 1. Концепцию определения больших данных можно

сформулировать как совокупность следующих факторов: Volume, Variety, Velocity и Value, – объем, вариативность, скорость и ценность.

Большие данные отличаются своими количественными характеристиками. Возрастающее количество информации, создаваемых как людьми, так и машинами, предъявляет к ИТ инфраструктуре новые требования в отношении хранения, обработки данных и предоставления доступа [3]. Большие объемы данных является серьезной проблемой для средств обработки и поиска информации [3]. В связи с этим разработка новых методов и алгоритмов анализа, больших и сверхбольших коллекций данных становятся все более актуальной и необходимой задачей.

Поэтому проблема больших данных, применяемых в разных прикладных областях требуют новых разработок, направленных на создание масштабируемых программных решений.

Задачами данной статьи являются:

- 1) Выбор среды разработки и языка программирования;
- 2) Разработка программы на разных языках программирования для поиска информации в файлах с большим объемом данных. Программа должна удовлетворять следующим требованиям:

- Иметь интуитивно понятный интерфейс;
  - Работать с файлами любого формата;
  - Выполнять поиск любых значений в файлах;
  - Загружать информацию из файла размером 1 ГБ менее чем за 5 минут;
- 3) Тестирование разработанной программы;

## **1. Выбор языка программирования, среды разработки программ для загрузки файлов**

### **1.1. Общая схема работы**

Основной алгоритм программы показан на рис. унок 1. Он выглядит следующим образом. Пользователь запускает программу и открывает нужный файл. Этот файл сохраняется в буфере обмена программы. Далее в текстовом поле вводится значение, которое нужно найти в текстовом файле. Программа ищет все строки, в которых присутствует данное значение и выводит их на консоль.



*Рисунок 1. Схема работы программы*

## 1.2. Реализация программы

Для реализации программы также выбрана среда программирования Microsoft Visual Studio. Для программы будет использована библиотека QT.

Qt – кроссплатформенная библиотека разработки GUI на C++. Библиотека Qt является объектно-ориентированной, базирующейся на компонентах и имеет богатое разнообразие различных визуальных элементов – виджетов **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

Язык программирования C++ компилируемый строго типизированный язык программирования общего назначения, который подходит для создания самых различных приложений [5].

На главной форме программы представленной на рис. 3 присутствуют следующие элементы:

- QPushButton - командная кнопка;
- QLineEdit – это редактор однострочного текста;
- QTextEdit - позволяет редактировать многострочный форматированный текст;

Реализация программы на языке C++ выглядит следующим образом (приведена только основная часть кода):

```

void MainWindow::on_pushButton_clicked()
{
    QDateTime start = QDateTime::currentDateTime(); // Запуск таймера
    QTextStream in(file); // Чтение текста из файла
    QString n = ui->lineEdit->text(); // Считывание значения из текстового поля
    while (!in.atEnd())
    {
        QString line = in.readLine(); // Считывание строк файла

        if (line.contains(n)) // Поиск строк в которых присутствует введенное в текстовом поле выражение

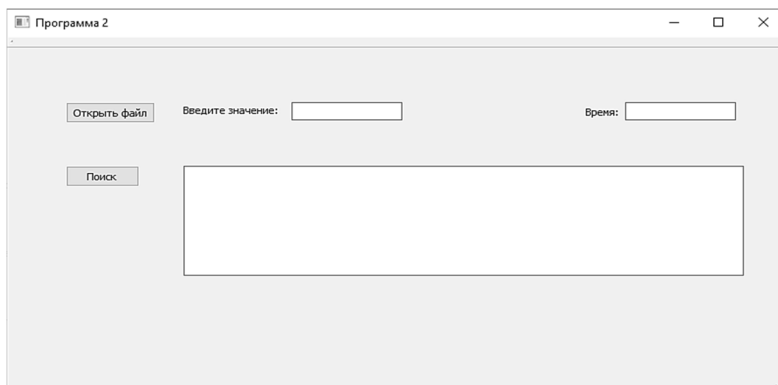
            ui->textEdit->append(line); // Вывод найденных строк на консоль

        QDateTime stop = QDateTime::currentDateTime(); // Остановка таймера
        QTime interval = QTime::fromMSecsSinceStartOfDay(stop.toMSecsSinceEpoch() - start.toMSecsSinceEpoch());
        ui->lineEdit_2->setText(interval.toString("hh:mm:ss.zzz"));
    }
}

```

**Рисунок 2. Программный код**

Интерфейс программы



**Рисунок 3. Главная форма «Программы 2»**

## 2. Тестирование программы

Возьмем файл размером лог-файл размером 1,22 ГБ. Далее вводим значение для поиска в текстовом поле «9952».



**Рисунок 4. Результат работы «Программы 1»**

Программа как видно на рис. 4 загрузила данные из файла за 00:03:58.002. Данные были загружены менее чем за 5 минут и, следовательно программа, уложилась во временной лимит.

В результате работы была создана программа для быстрого поиска и выгрузки данных. Программа была написана на языке C++.

Практическая значимость результатов состоит в том, что разработанная программа, позволят усовершенствовать методы обработки и поиска больших данных.

### **Список литературы:**

1. Christy Pettey, «Gartner Says Solving 'Big Data' Challenge Involves More Than Just Managing Volumes of Data», Laurence Goasduff, – Gartner, 2011, Pp-30.
2. Crawford K., Schultz J. «Big Data and Due Process: Toward a Framework to Redress Predictive Privacy Harms», Boston College Law Review. No. 55:93, 2014, Pp. 90-125.
3. Френкс Б. «Укрощение больших данных», М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014, 352 с.
4. Чернавский Д.С. «Синергетика и информация: Динамическая теория информации», № 13. Изд. 5. 2017. 21 с.
5. Культин Н.Б. «Основы программирования в Microsoft Visual C++ 2010», Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2010, 1-15 с.

## **1.2. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ**

### **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЯГОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЧЛЕНЕННЫХ ПОЛНОПРИВОДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

***Божко Александр Валерьевич***

*аспирант,*

*Воронежский государственный лесотехнический*

*университет им. Г.Ф. Морозова,*

*РФ, г. Воронеж*

***Сокол Павел Александрович***

*канд. техн. наук, старший преподаватель,*

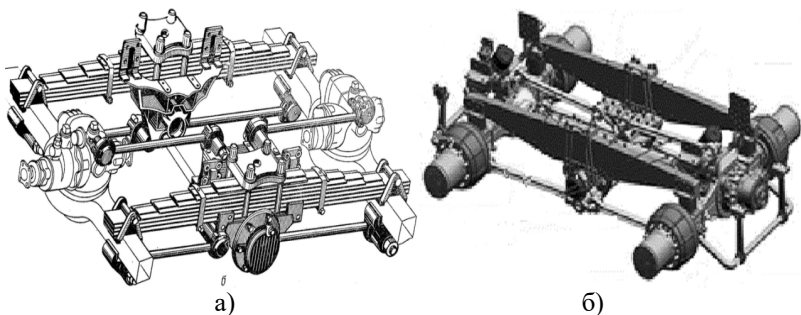
*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил*

*“Военно-воздушная академия”*

*им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина,*

*РФ, г. Воронеж*

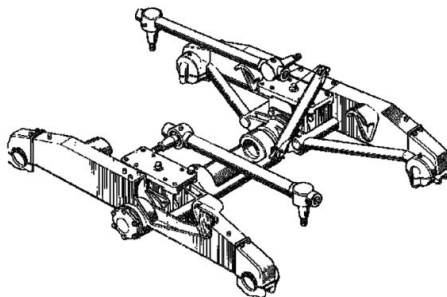
В конструкции полноприводных автомобилей широко применяется подвеска, в которой на два ведущих колеса одного борта приходится одна рессора, концы которой соединены с балками среднего и заднего ведущих мостов, образуя продольную связь между ведущими колесами, причем, реактивные тяги воспринимают на себя скручивающие усилия, возникающие при движении по пересеченной местности (рисунок 1). Благодаря такой конструкции, средний и задний ведущие мосты, подвеска, образуют единую балансирующую тележку, которая может свободно поворачиваться на осях балансиров, обеспечивая преодоление неровностей опорной поверхности (ОП) минимизируя процесс закручивания рамы. Также, ведущие мосты, благодаря реактивным тягам и рессорам, могут независимо друг от друга перемещаться в вертикальной плоскости. Балансирная подвеска ведущих мостов имеет следующие преимущества: в конструкции используются базовые мосты автомобиля; реактивные тяги позволяют двигаться по пересеченной местности с перекосом ведущих мостов; упругие рессоры передают вертикальные усилия между мостами. Вместе с тем, балансирующая подвеска имеет и свои недостатки: наличие жесткой кинематической связи создает возможность перераспределения нагрузок между жестко связанными средним и задним мостом; связь через рессоры ограничивает величину хода мостов в вертикальной плоскости.



*а-трехосного автомобиля КАМАЗ-43105; б-трехосного автомобиля КАМАЗ "Габарит" с сочлененной рамой*

***Рисунок 1. Задняя подвеска полноприводных автомобилей***

Также, в конструкции как землеройно-транспортных машин (рисунок 2), так и самосвалов с сочлененной рамой (рисунок 3), применяется балансирная подвеска с жестким балансиром, причем, она имеет возможность поворота вокруг точки подвеса до  $15^\circ$  вниз и на  $25^\circ$  вверх [1, с. 72]. Особенностью жесткого балансира является применение в качестве упругого элемента пневматических шин ведущих колес.

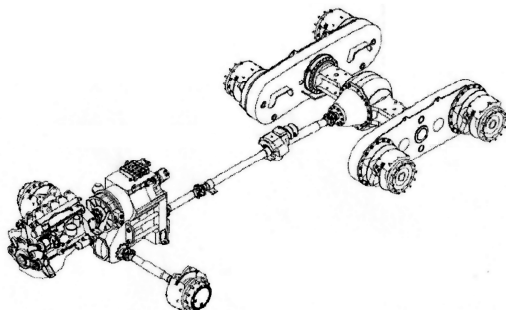


***Рисунок 2. Балансирная подвеска автогрейдер ДЗ-98***

При движении, в узлах и агрегатах механической трансмиссии происходят потери мощности в зубчатых зацеплениях, также, на трансмиссию и колесный движитель полноприводного автомобиля действуют внешние силы, моменты и реакции (рисунок 4), приводя к потерям полезной мощности и, снижающие тяговые показатели [2, с. 123]. В процессе передачи мощности от двигателя на каждую ведущую ось, происходят потери мощности, обусловленные кинематикой и конструк-

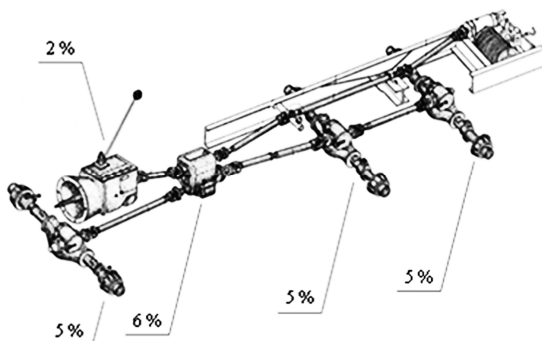


цией механической трансмиссии. На разных ее участках величина этих потерь различна и при распределении мощности от раздаточной коробки на передние и задние мосты, ее потери будут различны. Конструкция балансирной подвески мостов способствует возникновению процесса перераспределения действующих внешних нагрузок, и, потерю мощности на ее циркуляцию между средним и задним ведущими мостами. В этом контуре, мощность так же будет рассеиваться за счет проскальзывания и трения в области контакта ведущих колес с ОП.



**Рисунок 3. Конструкция балансирной подвески самосвала с сочлененной рамой**

В то же время, за счет жесткой кинематической связи, сохраняется процесс перераспределения внешних нагрузок между средним и задним мостом, что приводит к появлению циркуляции мощности в замкнутом контуре "колесный движитель - опорная поверхность".



**Рисунок 4. Потери мощности в узлах и агрегатах трансмиссии трехосного полноприводного автомобиля**

Анализируя кинематическую схему трехосного полноприводного автомобиля, можно сказать, что кинематическая схема представляет собой жестко связанный механический привод на все ведущие оси. В то же время, движение машины по сложным ОП вызывает неодинаковые горизонтальную и вертикальную нагрузки по каждой оси, направленные, в том числе, по продольной оси машины, как основного вектора движения, поэтому, рассмотрение и анализ потерь на движение по основному вектору является важной, приоритетной и актуальной задачей.

Следовательно, необходимо создать новую кинематическую схему привода, позволяющую минимизировать потери мощности на ее циркуляцию в двух контурах одновременно: контур задней тележки (средний и задний мосты) и контур машины (передний мост и эквивалентный задний мост), поскольку задачи, схемы и процессы в контурах подобны друг другу, и, возможно создание однотипного контура управления между независимыми мостами. Таким образом, одновременное действие горизонтальных и вертикальных реакций ОП на ведущие колеса, а также их перераспределение между средним и задними ведущими мостами, между правым и левым бортами автомобиля, способствует возникновению явления циркулирующей мощности в замкнутом контуре "колесный движитель - опорная поверхность", снижающей до 30% тяговые показатели колесного движителя [3, с. 97]. В целях повышения тяговых показателей полноприводных автомобилей, в 1966 году, инженерами НАМИ, был создан экспериментальный автомобиль НАМИ-058С (рисунок 5).



*Рисунок 5. Седелный тягач НАМИ 058С*

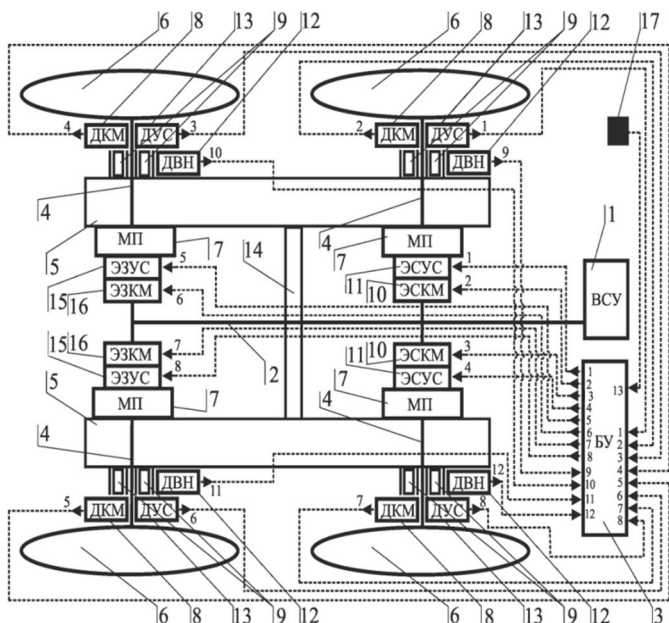
Особенностью машины являлся полный привод на все оси, в том числе и прицепа, причем, передние две оси были управляемыми. В кинематической схеме использовалась механическая трансмиссия от серийного автомобиля УРАЛ-375Д, а основным недостатком машины являлось наличие нескольких контуров циркуляции мощности: задняя балансирующая тележка тягача-мосты прицепа, задняя балансирующая тележка тягача-два передних ведущих моста и контуры циркуляции мощности между ними всеми. Повышение эффективности применения такого

автопоезда возможно, например, за счет применения индивидуального привода ведущих колес, с автоматической системой управления, что позволит увеличить тягово- сцепные свойства между ведущими колесами и ОП. Для эксплуатации в сложных дорожных условиях был создан сочлененный полноприводный автомобиль КАМАЗ 6х6 "Габарит" (рисунок 6), но, в его конструкции использовались стандартные ведущие мосты и балансирующая тележка, с указанными выше недостатками.



***Рисунок 6. КАМАЗ 6х6 "Габарит" с сочлененной рамой***

В целях устранения указанных недостатков механической трансмиссии и балансирующей тележки, предлагается в конструкцию жестких балансиров включить индивидуальный привод ведущих колес с автоматической аппаратурой управления (патент на изобретение №2716395 "Балансирующая тележка с приводом на каждое колесо"). Схема балансирующей тележки с приводом на каждое колесо представлена на рисунке 7. Для создания усовершенствованного привода предлагается использовать схему с независимым электроприводом каждого колеса и жесткой балансирующей подвеской.

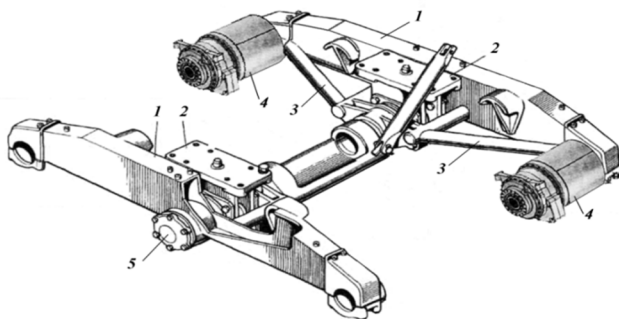


1 – вторичная силовая установка; 2 – силовая магистраль; 3 – блок управления; 4 – приводные валы колес; 5 – балансиры; 6 – колеса; 7 – приводные механизмы колес; 8 – датчики крутящего момента; 9 – подшипники приводных валов; 10 – элементы согласования по крутящему моменту; 11 – элементы согласования по угловой скорости; 12 – датчики вертикальных нагрузок; 13 – датчики угловой скорости; 14 – продольная балка балансира; 15 – элементы задающие угловую скорость; 16 – элементы задающие крутящий момент; 17 – датчик положения педали акселератора

**Рисунок 7. Балансирная тележка с приводом на каждое колесо**

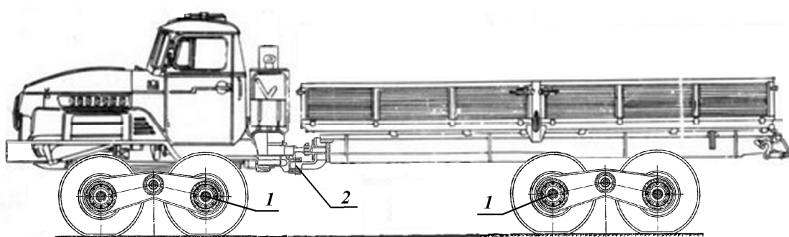
Балансирная подвеска в данной схеме позволит сохранить контакт колеса с ОП в большом диапазоне вертикальных перемещений балансира, с одновременным управлением кинематикой движения и силовыми параметрами по каждому колесу, в соответствии с нагрузкой на них, геометрией движения и перераспределением нагрузок, что позволит минимизировать потери от действия циркуляции мощности. Сущность новой конструкции заключается в том, что дополнительно введены датчики, приборы и механизмы, обеспечивающие измерение текущих показателей нагруженности каждого колеса, и, вырабатывающие управляющие сигналы на приводы ведущих колес, с целью согласования режимов качения и перераспределения нагрузок между ними в ведущем

режиме. Техническим результатом является повышение тяговых показателей колесного движителя, за счет компенсации перераспределения горизонтальных и вертикальных реакций ОП, совместно действующих на ведущие колеса при движении, приводя к повороту балансиров вокруг точки подвеса, в сторону, противоположную подводимому крутящему моменту, вызывая появление циркуляции мощности, снижающей тяговые показатели машины. Макетный образец балансирующей тележки с приводом на каждое колесо показан на рисунке 8, а схема размещения балансирующих тележек на сочлененном автомобиле показана на рисунке 9.



1 - балансир; 2 - кронштейн крепления к раме; 3 – раскос; 4 – модуль привода;  
5 – ось балансира

**Рисунок 8. Макетный образец балансирующей тележки с приводом на каждое колесо**



1-балансирующие тележки; 2-узел сочленения полурам

**Рисунок 9. Схема трансмиссии с балансирующими тележками и индивидуальным приводом ведущих колес автомобиля с сочлененной рамой**

Таким образом, предлагаемая новая конструкция балансирующего привода ведущих колес с автоматическим индивидуальным приводом будет способствовать повышению тяговых показателей колесного движителя и показателя эффективности применения сочлененных полноприводных автомобилей.

### **Список литературы:**

1. Автогрейдер ДЗ-98. Руководство по эксплуатации. М.: Машиностроение, 1986 – 198 с.
2. Петрушов В.А. Сопротивление качению автомобилей и автопоездов М.: Машиностроение, 1975. – 225 с.
3. Гудков В.В. Сокол П.А., Могутнов Р.В., Колтаков А.А., Удалых Н.С. Циркуляция мощности в трансмиссии полноприводных транспортных средств монография. Воронеж ВУНЦ ВВС “ВВА” 2019 .- 180 с.

### 1.3. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО–ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

#### ИННОВАЦИИ В ОБОРУДОВАНИИ УСТАНОВОК ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОКОВ ПОСЕЛКОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

*Сидоров Евгений Павлович*

*заместитель директора по научно-технической работе  
НПО «Агростройсервис»,  
РФ, г Дзержинск*

**Аннотация.** В статье представлены результаты изучения Учеными Росстата России состояния систем устройства канализации хозяйственно-бытовых стоков, на территории различных по категориям и количеству населения, муниципалитетов в Российской Федерации. Отмечается, что небольшие поселковые образования недостаточно, для нормальной жизнедеятельности, обеспечены канализационными системами. Автором статьи предлагается несколько современных научно-технических концепций технологического и конструкторского обеспечения систем канализации небольших поселковых образований и отдельно стоящих зданий. В конструкциях этих сооружений предлагается применять технологии и оборудование, которое обеспечивает экономию в потребляемой электрической энергии и материальных средств. Например: инъекционные системы фирмы “Korting” и “Mazzei”, а также строительство, совместно с очистными сооружениями малой мощности, мини ГЭС конструкции Франца Цотлотерера, которые успешно работают на малых водоемах и полноводных ручьях, с целью обеспечения сооружений электрической энергией. Представляется, для возможных инвесторов, инновационный проект очистных сооружений с установкой очистки стоков методом винтового спирального имплозионного вращения потока воды.

**Ключевые слова:** анализ Росстата; показатели обеспечения канализацией; поселковые образования; эжекторы Korting; эжекторы Mazzei; воздушные усилители Echair; озонаторы; имплозия потока воды.

## **Как театр начинается с вешалки, так и благосостояние человеческой жизнедеятельности начинается с канализации**

Основной угрозой для жизнедеятельности граждан Российской Федерации в мирное время является нарушение первородного экологического состояния окружающей среды. В том числе безопасное состояние качества Государственных запасов объемов пресной воды. По обеспеченности водными ресурсами Россия занимает первое место в мире. Однако, всего лишь 12% водных ресурсов относится к запасам чистой воды. Так как 58% относится к умеренно загрязненным, 26% к грязным и 4% к очень грязным. Запасы пресной воды составляют 97 тыс. км<sup>3</sup>, однако, можно использовать примерно только 11,6 км<sup>3</sup>. Основные запасы пресной воды находятся в озерах и ледниках. А ресурсы рек, из которых мы забираем пресную воду, составляют 0,5 % или 0,58 тыс. км<sup>3</sup>. Общее потребление пресной воды в России составляет 81,0 км<sup>3</sup> в год, из них ЖКХ потребляет 15,6 км<sup>3</sup> в год, в том числе, безвозвратное потребление составляет 3,5 км<sup>3</sup> в год. По официальным источникам в России сбрасывается в реки полностью очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод всего 2,5 км<sup>3</sup> в год, остальное количество сбрасывается загрязненными. Ученые заявляют, что каждый литр неочищенной сточной воды загрязняет 8 литров чистой воды в водоемах. Поэтому ЖКХ ежегодно загрязняет, как минимум, более 100 км<sup>3</sup> питьевой воды в год. То есть значительно больше, чем составляет общее потребление. В водных водоемах, исходя из природного программирования равновесного состояния устойчивой жизнедеятельности, происходит естественный процесс самоочищения воды. Однако с ростом населения и отсутствия очистки использованной воды, может наступить момент не возобновляемых процессов естественной очистки водоемов, что повлечет собой лавинное, взрывное их отравление. Согласно данным анализа, проведенного Росстатом России, в 2018 году, около 22,6% населения России не имеет доступа к централизованной канализации. Большинство таких семей пользуются выгребными ямами.

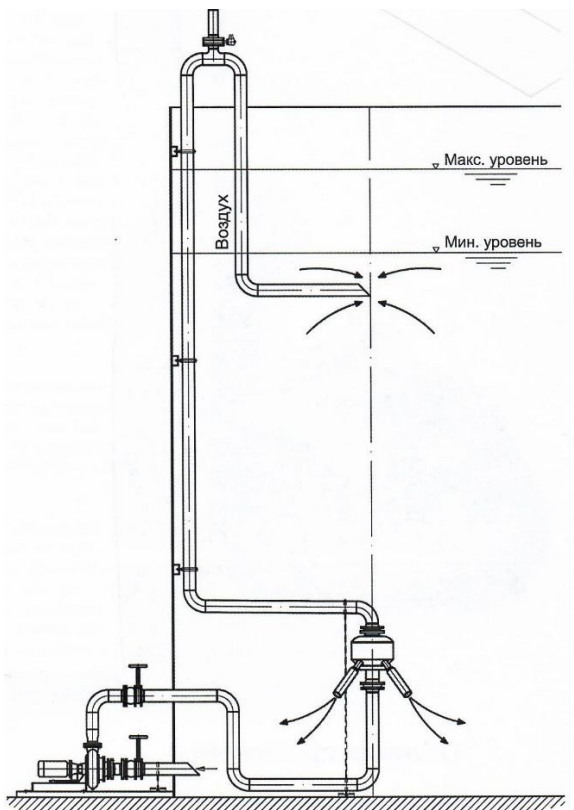
В сельских и поселковых образованиях проживает около 40% населения России. Централизованная канализация отсутствует у 66,5% россиян, проживающих в этих жилых образованиях. В том числе, 48,1% семей проживающих в сельской местности пользуются выгребными ямами, а 18,4% не имеют канализации вообще. Среди многодетных семей, с тремя и более детей 40,9% не подключены к канализации, 29,7% пользуются выгребными ямами, а 11,2 % вообще не имеют канализации.

На основании проведенного Росстатом России анализа состояния очистки хозяйственно-бытовых стоков жилых поселковых образований следует, что в настоящее время необходимо обратить особое внимание



на проектирование и строительство сооружений очистки стоков средней производительности, объемом от 200 до 1000 м<sup>3</sup>/сутки. Однако, условия территориального размещения поселковых образований отличаются, в большинстве случаев, недостаточным энергетическим обеспечением и ограниченными возможностями сброса очищенных сточных вод в близлежащие водоемы, которые, в основном, представляют из себя небольшие речки и ручьи. Также необходимо принимать во внимание высокую биологическую загрязненность сточных вод, обусловленную не высокой степенью благоустройства водных сливных устройств и гигиенического оборудования жилых объектов.

С целью решения этой проблемы представляется интересным опыт Германской фирмы «Korting Hannover AG» по применения в качестве оборудования предварительной очистки стоков проточных цилиндрических емкостей длиной до 12,0 метров и диаметром 2,0 метров, с высотой заполнения потоком сточной воды, равной 1,6 метров. В качестве оборудования аэрации сточных вод применяются эжекторы, разработанные и изготовленные фирмой «Korting». С точки зрения затрат энергии, наиболее эффективным является предварительное сжатие воздуха до гидростатического давления и подачи его на сторону всасывания эжектора. А в дальнейшем смешивание жидкости со сжатым воздухом в эжекторе. В этом случае, требует меньшего давления рабочей жидкости. В то же время, увеличивается количество воздуха в жидкости на выходе эжектора. Рабочие сопла эжекторов Korting оснащены спиральными насадками для предотвращения засорения. Таким образом, струя рабочей жидкости рассеивает воздух при низком давлении на бесчисленное множество мелких пузырей, которые перемешиваются с рабочим потоком в зоне смешения. Эта воздушно-водяная смесь нагнетается в реактор аэрации в режиме высокой турбулентности. При этом происходит насыщение воды избыточным кислородом. Перенос кислорода зависит не только от размера пузырьков, но и от обновления поверхности пузырьков благодаря турбулентному течению воды. При таких условиях, эжектор гарантирует оптимальный перенос кислорода и перемешивание всего объема реактора аэрации. Даже при значительном содержании биомассы в сточных водах возможно поддержание достаточной скорости потока для предотвращения появления осадков на дне реактора. Специалистами фирмы Korting проведены комплексные испытания насыщения кислородом в чистой воде (FNV M-209) методом адсорбции кислорода, которые сформировали базу для расчета эжекторов Korting.



*Рисунок 1. Эжектор в реакторах «Korting»*



*Рисунок 2. Эжектор «Korting», общий вид*

Эжекторы «Korting» успешно применяются в циклично-периодических реакторах, в которых наряду с процессами аэрации, осуществляются биологические процессы нитрификации и денитрификации в одном и том же реакторе, что требует полного перемешивания содержимого реактора как с подачей воздуха, так и без него. Это достигается простым отключением воздушного клапана на время анаэробной обработки стоков. Особое достоинство этой схемы в том, что для всех процессов используются одни и те же насосы, что влияет на общую стоимость установки, в части ее снижения.



*Рисунок 3. Общий вид лежащего реактора, собранного из 3 емкостей (обрабатываемая зона в реакторе, при диаметре 2 метра – 36 x 1,6 м (высота наполнения) «Korting»*



*Рисунок 4. Система подачи воздуха*

В установках очистки стоков «Korting», которые применяют для аэрации и перемешивания стоков многоходовые эжекторные устройства, в основном, применяются водоструйные воздушные компрессоры. Их установка осуществляется снаружи в отдельных помещениях, что требует дополнительные строительные площади и капитальные затраты.



*Рисунок 5. Устройство компрессорной станции*



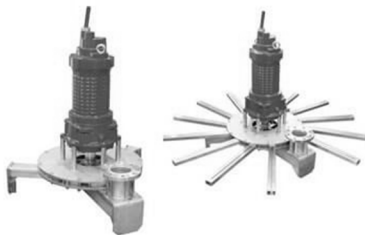
*Рисунок 6. Устройство компрессорной станции*

Следует отметить, что преимуществами эжекторов Korting является отсутствие планового технического обслуживания, так как в их конструкции нет движущихся частей. А также, высокая степень насыщения кислородом, так как мелкие пузырьки образуют большую поверхность контакта воздуха с водой, а высокая турбулентность обновляет эти поверхности; нет осадков, так как интенсивный поток, направленный на дно реактора, предотвращает осаждение биомассы; осуществляется

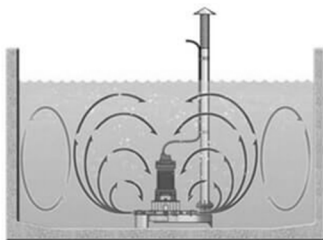
прямой контакт подачи кислорода. Конструкция предотвращает засорение, так как диаметр рабочего сопла определяет самое узкое место в поперечном сечении; отсутствует проблема перелива воды, так как в случае, если система не активна, вода может подняться в воздушные трубы без негативных последствий. При запуске эжектор выкачивает всю жидкость из труб. Однако, применение водоструйных воздушных компрессоров – насосов снижают экономическую эффективность работы установки.

Поскольку аэрация сточных вод – процесс энергозатратный и потребляет 50-90% энергии от общей мощности КОС, то в последнее время, с целью снижения затрат на принудительную подачу воздуха в смесительные камеры эжекторов посредством компрессорного оборудования, практически все производственные и монтажные организации западных стран стали применять погружные аэраторы. Конструкция погружных аэраторов состоит из погружного канализационного насоса, воздушно-жидкостного эжектора и, засасывающей воздух трубы. Устройство работает полностью погруженным в жидкую среду. Для разных этапов процесса очистки стоков (аэрации, перемешивания осадка в аэробных и анаэробных условиях) промышленностью предлагается погружные аэраторы в разных технических исполнениях, которые могут удовлетворить любые условия обрабатываемых стоков, в части снижения энергетических затрат по сравнению с традиционными системами аэрации. Например, наряду с эжекторами Korting, можно отметить мелкопузырчатые аэраторы FLYMARATOR. Конструкция этого аэратора отличается от других наличием рабочего колеса, которое работает в направлении по часовой стрелке, двигая окружающую жидкость и увеличивая ее скорость. В то же самое время создается вакуум, который заполняется воздухом, захватываемым из атмосферы через трубу, подводящую воздух. Воздух тщательно перемешивается с жидкостью перед тем, как выпускается через каналы диффузора на высокой скорости, создавая массы мелких пузырьков и обеспечивая оптимальное время удержания кислорода при высокой эффективности. Главное, не нужны компрессоры

Аэрация всего объема стоков



*Рисунок 7. Погружные мелкопузырчатые аэраторы FLYMARATOR*

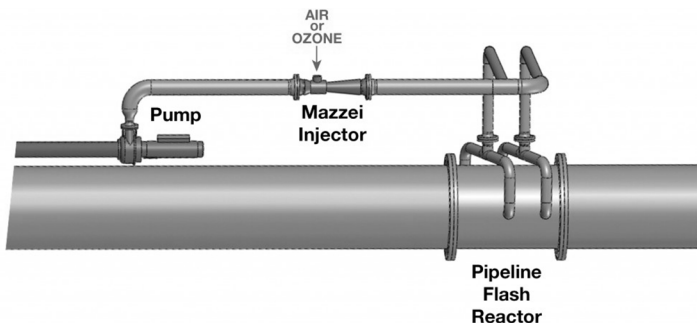


*Рисунок 8. Погружные мелкопузырчатые аэраторы FLYMARATOR*



*Рисунок 9. Аэрация и перемешивание осадка*

Заслуживает особого внимания концепция специалистов фирмы MAZZEI (США) методов очистки непостоянных по времени и средних по объемам хозяйственно-фекальных стоков поселковых образований. Аэрация и насыщение стоков начинается уже при их транспортировке в трубопроводах путем инжектирования кислорода воздуха, озона или кислорода, специально разработанными для этой цели, устройствами. Этот метод позволяет предварительно усреднить показатели сточной воды для приема в основные сооружения очистки стоков и значительно снизить их производственную нагрузку и, соответственно, рабочие энергетические показатели. Одновременно, удаляются неприятные запахи трубопроводных систем. Место врезки системы аэрации определяется опытным путем, по необходимости.



**Рисунок 10. Конструкция системы аэрации потока сточной воды озоном или кислородом воздуха**



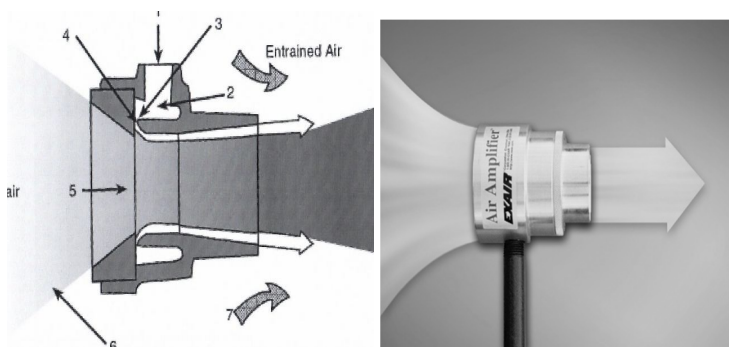
**Рисунок 11. Конструкция системы аэрации потока сточной воды озоном или кислородом воздуха**

подавляющее большинство воздушно-жидкостных эжекторов работают в результате принудительной подачи в зону образования эжекторной смеси сжатого воздуха компрессорными установками различной мощности. Например, четырех ходовой эжектор Korting требует для стабильного процесса инъекции около  $88 \text{ м}^3/\text{час}$  сжатого воздуха, что соответствует производительности воздуходувки равной  $1,6 \text{ м}^3 / \text{мин}$ . При этом уровень подачи кислорода составит  $14 \text{ кг O}_2/\text{час}$ . Однако, имеется возможность значительно снизить энергетические и капитальные затраты на обеспечение эжектора сжатым воздухом путем применения в качестве производителя сжатого воздуха воздушного пневматического усилителя

фирмы EXAIR (США). На примере воздушного усилителя серии **Super Air Amplifier** рассмотрим принципиальную схему и работу усилителя **120028** (см. рисунок 12). Сжатый воздух с объемной скоростью потока, **равной 3,396 SLRM**, проходит через входное отверстие (1) в кольцевую камеру (2). Затем его сжимают и пропускают через небольшое кольцевое сопло с высокой скоростью. Первичный поток воздуха прилипает к стенке (эффект Коанда) и отправляется к выходному отверстию. В центре создается область с низким давлением (5), что позволяет затягивать большое количество окружающего воздуха. Комбинированный поток из окружающего и первичного воздуха выходит из воздушного усилителя, создавая объемный воздушный поток высокой скорости, с объемной скоростью потока, **равной 84 900 SLRM на линии выходного сечения усилителя и 254 700 SLRM на расстоянии 152 мм от этого сечения**. Таким образом, применяя воздушный пневматический усилитель **Super Air Amplifier** мы достигаем паспортную объемную скорость воздушного потока  $1,6 \text{ м}^3/\text{мин}$ , при исходной подаче воздушного потока производительностью в 25 раз меньше, чем производительность воздуходувки, рекомендуемая фирмой Korting для стабильной работы четырех ходового эжектора.

Следует отметить, что усилитель воздушного потока фирмы **EXAIR** выполняет различные функции, главные из них – это вентиляция, продувка и чистка трубопроводных систем. Основными достоинствами конструкции усилителя воздуха является: отсутствие движущихся частей. Что обеспечивает его долговечность, неприхотливость и простота в обслуживании. Снабжайте его чистым и сухим воздухом, и он будет работать почти бесконечно, без необходимости в обслуживании.

Конструкция усилителя воздушного потока защищена патентом США **US 4046492A**, дата приоритета: 1976-01-21



**Рисунок 12. Принципиальная схема работы воздушного пневматического усилителя серии Super Air Amplifier**

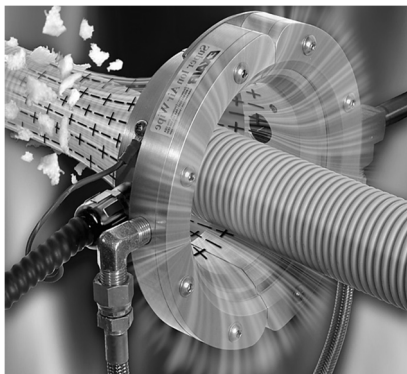




**Рисунок 13. Номенклатура воздушных пневматических усилителей, установка и их работа**



**Рисунок 14. Номенклатура воздушных пневматических усилителей, установка и их работа**



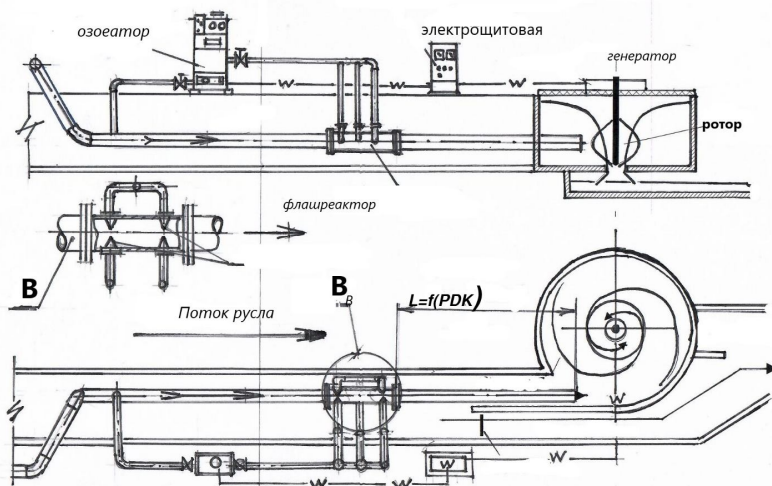
**Рисунок 15. Номенклатура воздушных пневматических усилителей, установка и их работа**



**Рисунок 16. Номенклатура воздушных пневматических усилителей, установка и их работа**

Для строительства очистных сооружений хозяйственно-бытовых стоков небольших поселковых образований представляет интерес проект доочистки и сброса очищенной сточной воды в немногочисленные речки и ручьи через водовихревую мини гидростанцию конструкции австрийского инженера Франца Цотлотерера. Предварительная очистка стоков на установках биологической очистки, использующих различные методы

анаэробной и аэробной обработки воды, требуют дополнительную доочистку от химических соединений, относящихся к предельно-допустимым нормам рыбохозяйственных вод. Для решения этой задачи предлагается на месте сброса очищенной воды в мелкие водоемы, соединение оборудования озонирования и водяной электростанции, которая одновременно обеспечит потребности установки в электроэнергию (см. рисунок 17).



**Рисунок 17. Установка доочистки хозяйственно-бытовых стоков, прошедших предварительную очистку на установках биологической очистки, озонированием до ПДК сброса в водоемы рыбохозяйственного назначения на WASSERWIRBELTECHNIK FRANZ ZOTLOTERER**

Проект объединяет оборудование мини ГЭС F. Zotloterer (см. рисунок 18, 19) и озонатора фирмы Mazzei со смесительной системой – flachreaktor.



***Рисунок 18. Вихревая водяная электростанция, автор проекта и строитель Franz Zotloterer***



***Рисунок 19. Вихревая водяная электростанция, автор проекта и строитель Franz Zotloterer***

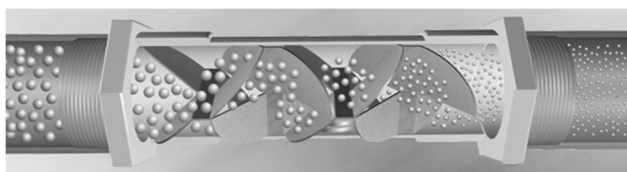
Проект этой гравитационно-водооборотной станции обеспечивает возможность получение электроэнергии на небольших каналах и речках, а также даже на полноводных ручьях не перекрывая реку плотиной и этим создавая свободный проход рыбы. Водоворот аэрирует воду, благодаря чему восстанавливает процессы очищения русла. Кроме того он способствует терморегуляции водоема летом, а зимой мини ГЭС продолжает работу уже подо льдом. Диаметр бассейна с водооборотом составляет 5,5 метра, который отдает часть потока у берега в специальный канал, - это бетонный цилиндр, к которому по касательной подходит вода, обрушиваясь в глубину в самом центре. Так образуется водоворот, с помощью которого закручивается турбина. КПД преобразованной энергии в ток от падающей воды достигает 75% . Электрическая мощность установки достигает 9,5 кВт. Рабочий перепад высот воды составляет 1,3 м., а расход – примерно 1 м<sup>3</sup> в секунду. Турбина показала хороший КПД даже при перепаде воды 0,7 – 0,9 м. Гравитационно-оборотная станция выработала на небольшом ручье больше 50-ти мВт / ч электричества.

Применение озонирования предварительно очищенных сточных вод особо целесообразно при совмещенном решении нескольких комплексных задач, а именно, удаление, особо стойких в растворах, химических соединений, обеззараживания и дезинфекции. Для решения задач доочистки в небольших станциях очистки стоков целесообразно применять озонаторы производящие озono-кислородную смесь с концентрацией от

2,5 до 20,0 % озона. Для таких малых доз озона наиболее целесообразен прямой ввод озона без закливания потока воды. Поэтому в представленном прототипе доочистки стоков применяется прямое введение озонированной массы предварительно обработанной сточной воды непосредственно в флэшреактор, где насыщенная озоном вода специальными эжекционными форсунками фирмы MAZZEI интенсивно перемешивается с потоком.



*Рисунок 20. Генератор озона TT-6/6, 2,5 л/ мин*



*Рисунок 21. Смесители озона конструкции MAZZEI*

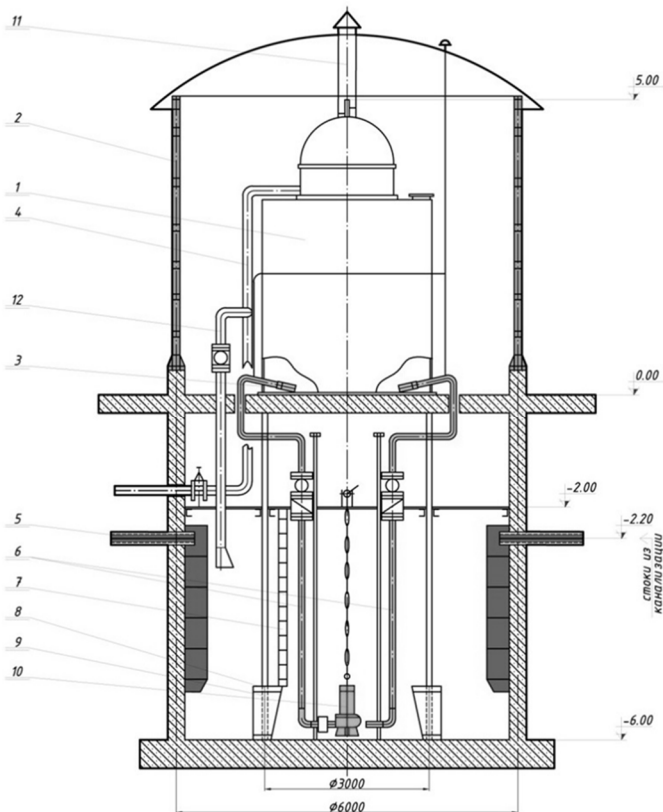
Представленная установка доочистки прошедших первую ступень очистки хозяйственно-бытовых стоков с применением озонирования до ПДК сброса в водоемы рабочехозяйственного назначения через гравитационно-водоворотную станцию конструкции Франка Цотлетера имеет ряд экологических, энергетических и экономических преимуществ перед существующими прототипами.

Ведущими в мире предприятиями, которые разработали и внедрили научно-технический прогресс в области очистки водных растворов и, в том числе очистку хозяйственно-бытовых стоков, методом интенсификации процессов инжектирования в водный раствор кислорода воздуха или озона и чистого кислорода, являются фирмы “Mazzei”, “Korting Hannover AG” и некоторые фирмы Японии и других государств, применяющих этот метод, как вспомогательный. Однако преобразование соединений осуществляется привнесением кислорода воздуха или озона и чистого кислорода в тело водного раствора, на поверхность молекул, а не иницированием внутренних действия внутренних сил воды. В настоящее время предлагается установка очистки сточных вод силой внутренней энергии воды, извлеченной из энергии-массы воды, безвзрывным способом на внутримолекулярном и внутриатомном энергетическом уровне, путем имплозионного вкручивания водного потока к его центральной оси через квантово-волновой когерентный узел волновода, при наведении центростремительного и центробежного вращения потока воды. Силы этих вращений, совместно с силами магнитных полевых резонансов, создают резонанс частот колебаний элементарных частиц, составляющих строение молекулы воды, что приводит к разрушению их связей и, соответственно, к дезинтеграции энергии-массы водного раствора на отдельные химические элементы и частицы. Как результат таких процессов, соединения распадаются и живут, в дальнейшем по своей строго индивидуальной программе, а водный раствор очищается от растворенных в нем химических элементов и вновь приобретает свое первородное качество. Все процессы происходят в промежуток времени равному  $10^{-10}$  секунды.

**Сооружение очистки хозяйственно-бытовых стоков** методом винтового спирального имплозионного вращения потока воды состоит из подземной и надземной части. Подземная часть представляет собой монолитную бетонную емкость диаметром 6 метров и высотой 6 метров, в которой находится усреднитель, поступающих из магистральной канализации стоков и канализационную насосную станцию (КНС), оборудованную тремя погружными насосами.

Сооружение рассчитано на очистку стоков обособленного жилого комплекса зданий с численностью жителей равной 10 000 человек. По экологическим расчетам автора, оно может быть привязано в генплане, в середине зеленой зоны жилого квартала, в окружении небольшого водоема, в который будет производиться сброс очищенной, обеззараженной и дезинфицированной воды. Излишки поступающей в водоем воды, сбрасываются в наружный коллектор.

Над подземной частью располагается сборно-разборное здание из металлических конструкций, имеющее в плане круглую форму и покрытие из сферической кровли. В здании монтируется установка очистки хозяйственно-бытовых стоков методом винтового спирального импюзионного вращения потока воды (УОС).

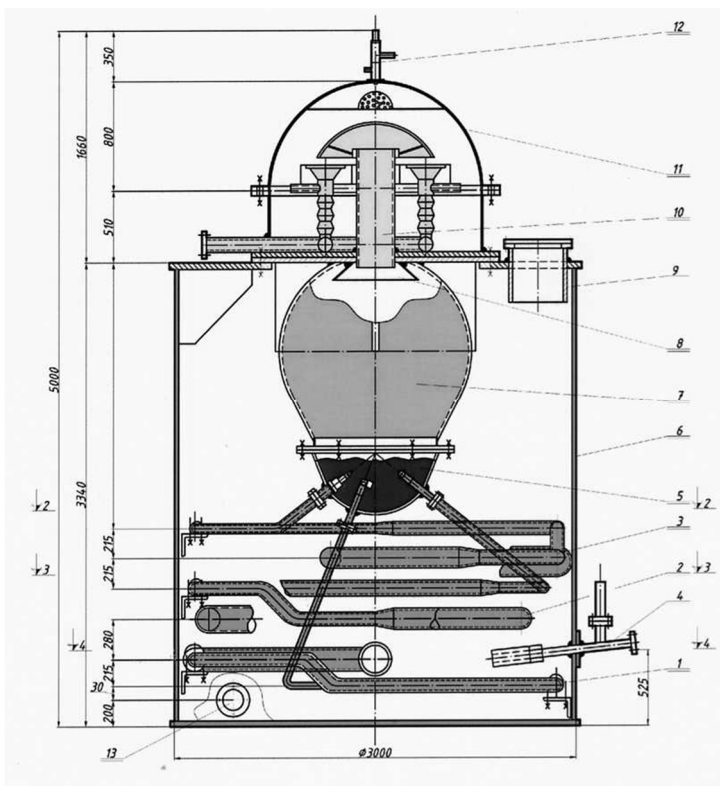


- УСО. 2. Конструкция здания. 3. Эжектор подачи стоков конструкции Korting.  
 4. Трубопровод очищенной воды. 5. Трубопровод подачи стоков из системы канализации. 6. Трубопровод подачи стоков из КНС. 7. КНС. 8. Среднитель.  
 9. Устройство подачи стоков КНС. 10. Насос погружной. 11. Дефлектор сброса газов. 12. Сброс в усреднитель.

**Рисунок 22. Сооружение очистки хозяйственно-бытовых стоков**

УОС состоит из металлического резервуара диаметром 3 метра и высотой 3 метра, с люком диаметром 500 мм для обслуживания оборудования, которое находится внутри резервуара, а также сливного патрубка. Внутри резервуара смонтированы реакционные трубопроводы, в которых находятся электродвигатели с устройствами завихрения потока воды. А также преобразователь потока воды с камерами впуска и выпуска. Над камерой выпуска потока воды установлена камера стабилизации сброса очищенной воды, которая снабжена уровнем понтонного типа и импульсно-предохранительный клапан. Клапан предназначен для нормализации давления воздуха и отвода, образующихся при реакциях, газов.

Усредненные канализационные стоки поступают из КНС в реакционный резервуар УОС посредством эжекторов фирмы Korting , которые предназначены для монтажа через стенку. В момент подготовки УОС к пуску сточная вода поступает в реакционные трубопроводы по закону сообщающихся сосудов до уровня из полного заполнения.. После заполнения срабатывают датчики уровня, расположенные на внутренней части стенок резервуара и подача воды прекращается.



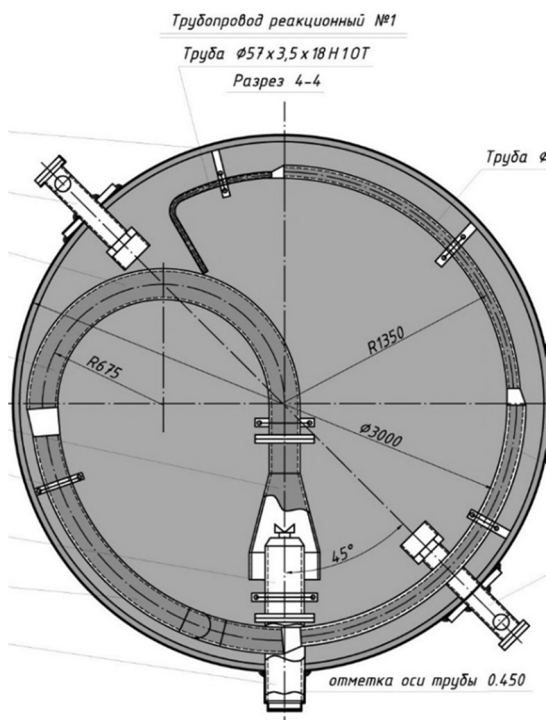
1,2,3. Реакционные трубопроводы. 4. Эжектор подачи стоков. 5. Стабилизатор потока, прошедших очистку в реакционных трубопроводах, путем деъинтеграции примесей сточной воды. 6. Накопительный и расходный резервуар стоков поступающих из КНС. 7. Камера преобразования турбулентности потока. 8. Приемная воронка вытеснения потока из стабилизатора. 9. Смотровой люк. 10. Патрубок подачи очищенных стоков в камеру сброса чистой воды. 11. Камера сброса чистой воды. 12. Импульсно-предохранительный клапан. 13. Штуцер для опорожнения резервуара.

**Рисунок 23. Установка очистки стоков вихревой струйной имплозией**

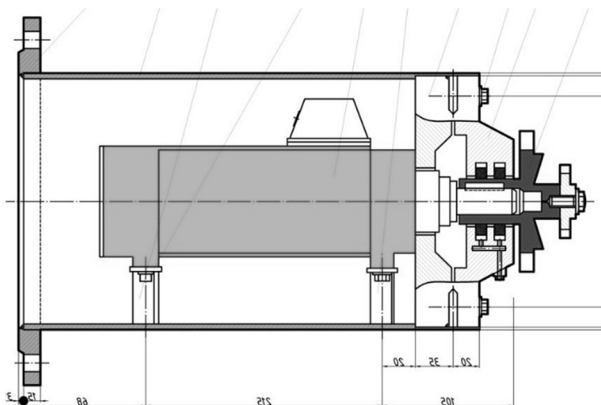
Одновременно, включаются электродвигатели, которые посредством завихрителей приводят воду в имплозионное вращение и осевое линейное перемещение. Одновременно с включением электродвигателей включаются насосы КНС. Начинается процесс настройки установки на рабочий режим. В это время потоки очищенной воды из камеры сброса,



через байпасный трубопровод, поступают обратно в усреднитель. Автоматическая компьютерная система определения показателей качества очистки поддерживает этот процесс до запланированного уровня качества очищенной воды. При достижении требуемых показателей сброс чистой воды переводится в рабочий режим, в бассейн чистой воды. Технология очистки, за счет полной дезинтеграции биологических элементов, позволяет не только обеззараживать но и дезинфицировать очищенные стоки.



**Рисунок 24. Реакционный трубопровод с соплом Лавалья**



**Рисунок 25. Патрубок с встроенным устройством завихрения потока**

Каждый способ очистки сточных вод имеет свои собственные аспекты повышения эффективности и снижения энергетических и экономических затрат. Их сочетание не только целесообразно, но и экологически оправдано, поскольку зачастую очистку требуется проводить на локальных участках строительства очистных сооружений. Применение локальных комплексов дешевле, чем использование монолитных железобетонных конструкций. Такие установки предполагают минимальные затраты электроэнергии на функционирование, а также оперативность монтажа и простоту обслуживания.

### **Список литературы:**

1. Е.П. Сидоров «Физические возможности и особенности конструкции установки очистки сточной воды методом струйной имплозии» XXXIX Международная научно-практическая конференция «Научный форум : инновационная наука». Изд. Научный Форум. 2021 год.
2. Триотехника. Системы очистки и обеззараживания воды озоном. Очистка сточных вод. [www.Waterline.ru](http://www.Waterline.ru).
3. Mazzei. Wastewater. Ozone for Disinfection. Retrofit Filtration. Activated Sludge. Aeration. [www.Mazzei.net](http://www.Mazzei.net).
4. Korting Yfnnover GmbH. EJECTOR kompakt Korting/ [www.Korting.de](http://www.Korting.de).
5. Manufakturintelligent Compressed. Seide Presentations. [www.EXAIR.com](http://www.EXAIR.com).

## 1.4. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

### ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДИФИЦИРОВАННОГО ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

**Темирканов Руслан Ильясович**

*аспирант,*

*Национальный исследовательский Московский  
государственный строительный университет,  
РФ, г. Москва*

**Ткач Евгения Владимировна**

*д-р техн. наук, профессор,*

*Национальный исследовательский Московский  
государственный строительный университет,  
РФ, г. Москва*

### IMPROVING THE PERFORMANCE OF MODIFIED HEAVY CONCRETE FOR REINFORCED CONCRETE SLEEPERS OF HIGH-SPEED LINES

**Ruslan Temirkanov**

*Postgraduate student,*

*National Research Moscow State Civil Engineering University,  
Russia, Moscow*

**Evgeniya Tkach**

*Doctor of those. Sci., Professor, National Research*

*Moscow State Civil Engineering University,  
Russia, Moscow*

**Аннотация.** Целью исследования является установить действующие нагрузки на железобетонные шпалы, определить причину выхода из строя элемента задолго до окончания проектируемого срока службы.

Повышение эксплуатационных свойств бетона напрямую влияет на безотказную работу конструкции. Для повышения его эксплуатационных свойств в бетонную смесь вводились модификатор, микрокремнезем, базальтовое волокно. Исследовался предел прочности бетонных образцов на растяжение при изгибе, по результатам которого данная характеристика повысилась на 32,41 %.

**Abstract.** The purpose of the study is to establish the actual loads on reinforced concrete sleepers, to determine the cause of the failure of the element long before the end of the projected service life. Improving the performance properties of concrete directly affects the trouble-free operation of the structure. To increase its operational properties, a modifier, microsilica, basalt fiber were introduced into the concrete mixture. The tensile strength of concrete specimens in bending was investigated, as a result of which this characteristic increased by 32.41%.

**Ключевые слова:** железобетонные шпалы; изгиб; эксплуатационные свойства; микрокремнезем; базальтовое волокно.

**Keywords:** reinforced concrete sleepers; bending; operational properties; microsilica; basalt fiber.

Материальные и трудовые затраты по шпальному хозяйству являются весьма значительными. Их величины находятся в обратной зависимости от срока службы шпал. Расчетный срок службы железобетонных шпал превышает срок службы деревянных шпал в 2-2,5 раза и составляет примерно 40-50 лет [1].

Срок службы железобетонных шпал зависит от ряда эксплуатационных дефектов, в число которых вошли: продольные трещины и сколы бетона в зоне дюбелей и в других местах (более 10 %); продольные трещины в бетоне с торцов и в середине шпал, идущие по направлению арматуры (около 15 %); поперечные трещины в средней части шпал (около 11 %) и др.

К дефектам, возникающим по технологическим причинам, относятся: поперечные трещины в подрельсовой части шпал, появляющиеся из-за недостаточного предварительного напряжения арматуры в бетоне; заводские отколы бетона по трещинам, зарождающиеся при изготовлении шпал; недостатки приготовления и укладки бетонной смеси; недостаточная морозостойкость бетона, нарушение технологии изготовления шпал, в частности, недостаточная толщина защитного слоя бетона и др.

Анализ технической литературы показал, что существенное продление срока службы железобетонных шпал может быть достигнута применением химических добавок [2-5].

Следует отметить, что в настоящее время во многих промышленно развитых странах доля бетона, укладываемого с применением химических добавок-модификаторов, составила более 50 % объема, в ряде стран мира с добавками выпускается 80-90 % и даже все 100 % [2].

С 1970 года число добавок увеличивается, они становятся более разнообразными, их качество непрерывно улучшается. Разрабатываются продукты, все более отвечающие требованиям современного строительства. Развитию этого процесса способствовали как достижения в физико-химии поверхностных явлений, химии синтеза, модифицировании, минералогии и других смежных областях знаний.

Особенностью условий эксплуатации бетона, применяемого в транспортном строительстве, в частности железобетонных шпал, является циклическое воздействие на него нагрузок от проходящего транспорта.

При снятии динамических нагрузок микротрещины в бетоне полностью не закрываются, материал не возвращается к начальному состоянию и поэтому вторичное поле напряжений изменяется при новом нагружении. В результате резко возрастают деформации виброползучести, процесс разрыхления охватывает все больший объем материала, подготавливая сплошную трещину отрыва, которая может в этих условиях возникнуть при меньших напряжениях, чем при однократном действии нагрузки, так как увеличивается объем материала, доведенный до предельного состояния, где может появиться трещина отрыва.

Многократное и длительное периодическое нагружение приводит к тому, что жидкая фаза постепенно проникает в устья микротрещины, облегчая процесс деформирования бетона, препятствуя смыканию трещин при разгрузке, вызывая более заметное изменение вторичного поля напряжений в процессе разрыхления структуры бетона и способствует появлению трещины отрыва вследствие чего бетон разрушается.

На интенсивность процесса микротрещинообразования большое влияние оказывает пластичность материала в перенапряженных микрообъектах. Вследствие пластичных сдвигов в деформации ползучести происходит перераспределение напряжений и заметно снижается их концентрация в опасных местах. Поэтому бетоны повышенной пластичности несколько лучше сопротивляются воздействию многократной повторной нагрузке.

В данной работе решены задачи подбора составов бетона на основе цементного вяжущего марки ЦЕМ I 42,5Н с применением модификатора «Пластилит РК», пуццолановой добавки в виде микрокремнезема марки МКУ-95 и базальтового волокна длиной 12 мм с целью повышения предела прочности на растяжение при изгибе. В соответствии с ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным

образцам» исследования проводились на образцах-призмах с размерами ребер 70x70x280 мм. Число образцов в серии принималось в зависимости от среднего внутрисерийного коэффициента вариации прочности бетона. В ходе подготовки образцов каждой серии была присвоена маркировка.

Подобранные составы бетонной смеси с предварительно установленным оптимальным расходом активированного микрокремнезема и расчетным расходом фибры отображены в таблице 1.

Растяжение при изгибе  $R_{tb}$  вычисляют с точностью до 0,01 МПа по формуле:

$$R_{tb} = \delta \frac{Fl}{ab^2} K_W,$$

где F - разрушающая нагрузка, Н;

a, b, l - ширина, высота поперечного сечения призмы и расстояние между опорами соответственно при испытании образцов на растяжение при изгибе, мм;

**Таблица 1.**

**Составы бетонной смеси для проведения испытаний растяжение призмы при изгибе**

| №п/<br>п | Материалы бетонной смеси                        | Номер смесей и расход на 1 м3 бетонной смеси |                 |                             |                   |                    |              |
|----------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|--------------|
|          |                                                 | К                                            | №1<br>15%<br>МК | №2<br>(15%<br>актив.<br>МК) | №3<br>(0,5<br>БФ) | №4<br>(0,75<br>БФ) | №5 (1<br>БФ) |
|          |                                                 | кг/м3                                        | кг/м3           | кг/м3                       | кг/м3             | кг/м3              | кг/м3        |
| 1        | ЦЕМ I 42,5Н                                     | 419,7                                        | 356,6           | 356,6                       | 356,6             | 356,6              | 356,6        |
| 2        | Вода                                            | 147,0<br>9                                   | 147,0<br>9      | -                           | -                 | -                  | -            |
| 3        | Вода, обработанная методом гидролиза с рН=10-11 | -                                            | -               | 147,09                      | 147,09            | 147,09             | 147,09       |
| 4        | Гранитный щебень                                | 949,8                                        | 949,8           | 949,8                       | 949,8             | 949,8              | 949,8        |
| 5        | Песок                                           | 844,2                                        | 844,2           | 844,2                       | 844,2             | 844,2              | 844,2        |
| 6        | Суперпластификатор «Пластилит РК»               | 4,27                                         | 4,27            | 4,27                        | 4,27              | 4,27               | 4,27         |
| 7        | Микрокремнезем МКУ-95                           | -                                            | 63,11           | 63,11                       | 63,11             | 63,11              | 63,11        |
| 8        | Фибра базальтовая                               | -                                            | -               | -                           | 13,66             | 20,47              | 27,35        |
| 9        | Фибра ВСМ                                       | -                                            | -               | -                           | -                 | -                  | -            |
|          | В/Т (Ц+МК)                                      | 0,348                                        | 0,348           | 0,348                       | 0,348             | 0,348              | 0,348        |

$\delta$  - масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базовых размера и формы;

$K_W$  - поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образцов в момент испытания.

Результаты испытаний и обработанные результаты приведены в табл. 2.

**Таблица 2.**

**Обработка результатов испытаний образцов – призм на растяжение при изгибе**

| Маркировка         | № | м,г    | b,<br>мм | h,<br>мм | l,<br>мм | $\rho$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | $\rho_{ср}$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | F,<br>кН | R,<br>МПа | R,<br>Мпа<br>(ср.) | R,<br>МПа<br>28<br>сут. |
|--------------------|---|--------|----------|----------|----------|-------------------------------|------------------------------------|----------|-----------|--------------------|-------------------------|
| Контрольный        | 1 | 3351,1 | 70       | 70,5     | 280      | 2425,2                        | 2437,3                             | 9,04     | 4,69      | 4,68               | 5,48                    |
|                    | 2 | 3376,6 | 70       | 70       | 280      | 2461,1                        |                                    | 8,48     | 4,46      |                    |                         |
|                    | 3 | 3327,9 | 70       | 70       | 280      | 2425,6                        |                                    | 9,28     | 4,89      |                    |                         |
| №1 (15% МК)        | 1 | 3387,0 | 70,5     | 71       | 280      | 2416,6                        | 2423,4                             | 10,03    | 5,03      | 4,92               | 5,76                    |
|                    | 2 | 3408,1 | 70       | 72       | 280      | 2415,0                        |                                    | 9,70     | 4,83      |                    |                         |
|                    | 3 | 3393,3 | 70       | 71       | 280      | 2438,4                        |                                    | 10,32    | 4,91      |                    |                         |
| №2 (15% актив. МК) | 1 | 3284,3 | 70       | 70       | 280      | 2393,8                        | 2396,8                             | 10,58    | 5,57      | 5,38               | 6,29                    |
|                    | 2 | 3325,6 | 70       | 71       | 280      | 2389,8                        |                                    | 10,09    | 5,16      |                    |                         |
|                    | 3 | 3302,1 | 70       | 70       | 280      | 2406,8                        |                                    | 10,24    | 5,39      |                    |                         |
| №3 (0,5% БФ)       | 1 | 3294,8 | 70       | 72       | 279      | 2343,1                        | 2369,4                             | 10,44    | 5,20      | 5,57               | 6,52                    |
|                    | 2 | 3293,3 | 70       | 70       | 280      | 2400,4                        |                                    | 11,22    | 5,91      |                    |                         |
|                    | 3 | 3290,9 | 70       | 71       | 280      | 2364,8                        |                                    | 10,97    | 5,61      |                    |                         |
| №4 (0,75% БФ)      | 1 | 3258,9 | 70       | 71       | 280      | 2341,8                        | 2359,9                             | 11,92    | 6,10      | 6,26               | 7,32                    |
|                    | 2 | 3275,8 | 70       | 71       | 280      | 2354,0                        |                                    | 12,17    | 6,23      |                    |                         |
|                    | 3 | 3270,6 | 70       | 70       | 280      | 2383,8                        |                                    | 12,23    | 6,44      |                    |                         |
| №5 (1% БФ)         | 1 | 3247,6 | 70       | 72       | 280      | 2317,4                        | 2344,0                             | 11,37    | 5,74      | 5,77               | 6,75                    |
|                    | 2 | 3309,1 | 70       | 71       | 280      | 2377,9                        |                                    | 11,11    | 5,69      |                    |                         |
|                    | 3 | 3391,2 | 71       | 73       | 280      | 2336,8                        |                                    | 12,35    | 5,89      |                    |                         |

**Выводы:**

- Прочность на растяжение при изгибе образцов из тяжелого бетона, в состав которого входит активированный микрокремнезем,

исследованных составов в возрасте 28 суток, повышается на 13,03% по сравнению с контрольным образцом. Повышение прочностных характеристик связано с образованием активных центров в виде продуктов гидролиза активированного МК, которые концентрируют вокруг себя новообразования, формируя стабильную коллоидную систему. В ней протекают процессы самоармирования, связанные с перекристаллизацией частиц новообразований коллоидных размеров в более крупные, участвующие в построении пространственного каркаса, который за счет продолжительной гидратации уплотняется и упрочняется.

- В результате проведенных исследований установлено, что максимальный прирост прочности на растяжение при изгибе ( $R_{tb}$ ) имеют образцы, в состав которых входит активированный микрокемнезем с расходом 15% от массы вяжущего вещества и базальтовая фибра с длиной элементарного волокна 12,7 мм, расходом 0,75%. Прочность повысилась на 32,41% по отношению к контрольному образцу. Введение базальтового волокна не только повышает разрушающее напряжение, но и меняет характер деформирования бетона, увеличивая долю псевдопластических деформаций при нагружении и соответственно работу разрушения.

### **Список литературы:**

1. Железобетонные шпалы для рельсового пути /А.Ф. Золотарский, Б.А.Евдокимов, Н.М. Исаев, Л.Г. Крысанов, В.В.Серебренников, В.Ф.Федулов. Под ред. А.Ф. Золотарского, М.:Транспорт,1980, 270 с.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика, М.: Теплопроект, 1998, 768 с.
3. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон, М.: Стройиздат, 1989, 207 с.
4. Баженов Ю.М. и др. Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов, М.: Стройиздат, 1989, 98 с.
5. Баженов Ю.М. Научно-технический прогресс в стройиндустрии //Промышленное и гражданское строительство, 1994, № 4, С. 3-5.



## СПОСОБЫ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ НА ПОДТОПЛЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

*Латынин Евгений Александрович*

*инженер кафедры Строительных конструкций,  
оснований и фундаментов имени профессора Ю.М. Борисова,  
Воронежский Государственный Строительный  
Университет – ВГТУ,  
РФ, г. Воронеж*

## METHODS FOR STRENGTHENING SOIL FOUNDATIONS IN FLOODED AREAS

*Evgeny Latynin*

*Engineer of the Department of Building Structures,  
Bases and Foundations named after Professor Yu.M. Borisova  
Voronezh State Construction University - VSTU,  
Russia, Voronezh*

**Аннотация.** При строительстве и эксплуатации зданий и сооружений на слабых грунтах неизбежно возникает проблема преобразования их физико-механических свойств для повышения несущей способности и снижения деформируемости. С одной стороны, это проблема, но с другой это возможность для инноваций и модернизации существующих методов укрепления грунтов основания. Искусственное закрепление грунта воздействие на грунт с помощью различных конструктивных и технологических мероприятий, которое повышает его несущую способность и снижает деформации. В данной статье рассматривается множество методов закрепления грунта, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

**Abstract.** During the construction and operation of buildings and structures on soft soils, the problem inevitably arises of transforming their physical and mechanical properties to increase the bearing capacity and reduce deformability. On the one hand, this is a problem, but on the other hand, it is an opportunity for innovation and modernization of existing methods of strengthening foundation soils. Artificial soil consolidation - impact on the soil using various design and technological measures, which increases its bearing capacity and reduces deformation. This article discusses a variety of soil consolidation methods, each with its own advantages and disadvantages.

**Ключевые слова:** подтопляемые территории; строительство; грунт.  
**Keywords:** flooded areas; building; priming.

**Цель работы:** Цель проводимых исследований заключалась в способах укрепления грунтовых оснований на подтопляемых территориях их влиянии на строительство Воронежской области, природно-технические системы и среду обитания человека для прогноза и предупреждения негативных последствий в процессе строительной деятельности.

**Задачи исследования:**

- Исследование различных видов структурно-неустойчивых грунтовых оснований;
- Сопоставление результатов инженерно-геологических изысканий по различным видам структурно-неустойчивых грунтовых оснований;
- Исследование особенностей расчета различных видов структурно-неустойчивых грунтовых оснований;
- Предложение путей решения инженерно-геологических проблем на участках со структурно-неустойчивыми грунтовыми основаниями.

**Научная новизна:** В результате выполненных исследований в пределах рассматриваемого района изучены специфические грунты и рассмотрен объект строительства на подтопляемых территориях Воронежской области.

**Ключевые слова:** подтопление, методы, грунт, способы.  
**Keywords:** flooding, methods, soil, methods.

### **Физико-географическая, геологическая и гидрогеологическая характеристика района исследований**

Физико-географическая, геологическая и гидрогеологическая характеристика города Воронеж и области. Район изысканий находится в г. Воронеж, который расположен в центре Европейской части Российской Федерации. Население Воронежской области на 2020 составляет 2 324 205 чел. Площадь сегодняшнего Воронежа составляет 590,43 км<sup>2</sup>. Город поделен на 6 административных районов: Левобережный, Железнодорожный, Ленинский, Советский, Коминтерновский и Центральный. Большая часть застройки города относится к 1930-50-м г.г., но активное строительство в городе продолжается, в декабре 2008 года городская дума Воронежа приняла генеральный план дальнейшего строительства в городе. Есть планы и по дальнейшему расширению границ города, так, 28 сёл, посёлков и хуторов, которые сейчас административно подчиняются Коминтерновскому, Советскому Железнодорожному и Левобережному районам, вскоре должны будут стать новыми микро-

районами города. Климат. Район изысканий относится к зоне с умеренно-континентальным климатом. Гидрография. Район изысканий расположен на территории бассейна реки Воронеж. Питание – преимущественно атмосферными осадками. Река Воронеж имеет широкую пойму с асимметричным профилем: левый берег – пологий, правый – крутой. В пределах города в низовье р. Воронеж сооружено водохранилище: длина – 35 км, площадь – 70 км<sup>2</sup>, объем – 20?4 млн. м<sup>3</sup>.

### **Подтопление**

Одним из наиболее распространенных опасных геологических процессов является **подтопление**. Данный процесс приносит существенные проблемы при возведении фундамента строения. Причинами подтоплений зданий (сооружений) и фундаментов являются природный и техногенный факторы.

#### **Естественные причины подтопления**

1. Геологические причины переувлажнения
2. Топографические причины переувлажнения
3. Гидрологические причины переувлажнения

#### **Методы усиления грунтов основания**

В отличие от усиления различных конструктивных элементов здания (таких как стены, колонны, фундаменты), типовые решения по улучшению характеристик грунтов основания отсутствуют. Закрепление производится по индивидуально разработанному проекту с применением принципов конкретного метода. К основным методам усиления грунтов относятся: физико-химические, механические (уплотнение) и конструктивные.

#### **Физико-химические методы**

1. Термический способ закрепления
2. Цементация грунтов
3. Силикатизация грунтов
4. Глинизация и битумизация

#### **Усиление грунтов основания конструктивными элементами**

Основными конструктивными методами усиления являются следующие:

1. грунтовые подушки.
2. шпунтовые ограждения.
3. армирование
4. противодиффузионные завесы.

## Дренажная система

### Виды дренажа

Дренажные системы для отвода грунтовых вод можно разделить на два основных вида: открытый и закрытый:

1. Открытое поверхностное дренирование
2. К закрытым системам отведения воды
3. Поверхностный водоотвод
4. Засыпные

### Проекты решения по усилению грунтов на подтопленных территориях Воронежской области

Инженерно-геологические изыскания выполнены на участке по адресу: Воронежская область, Рамонский район, 620 м на северо-запад 2 выдела 3 квартала левобережного лесничества, уч. 2.

Целью настоящих изысканий являлось определение инженерно-геологических, гидрогеологических условий площадки и физико-механических свойств грунтов, слагающих ее разрез.

Виды и объемы выполненных работ сведены в таблицу 1.

*Таблица 1.*

### Виды и объемы выполненных работ

| № п/п | Наименование работ                                  | Ед. изм.  | Объем работ |
|-------|-----------------------------------------------------|-----------|-------------|
|       | Полевые работы:                                     |           |             |
| 1     | Бурение скважин диаметром 146 мм, глубиной по 9,0 м | скв./п.м. | 2/18        |
| 2     | Отбор проб грунта нарушенной структуры /монолитов   | шт        | 17/5        |
| 3     | Статическое зондирование грунтов                    | точка     | 2           |
|       | Лабораторные исследования грунтов:                  |           |             |
| 4     | Определение влажности                               | опр.      | 22          |
| 5     | Определение плотности при природной влажности       | опр.      | 5           |
| 6     | Химический анализ водной вытяжки грунта             | опр.      | 4           |
| 7     | Определение грансостава песков                      | опр.      | 22          |
| 8     | Химический анализ воды                              | опр.      | 1           |

Рекогносцировочное обследование. Обследование проводилось с целью выявления поверхностных форм проявления современных физико-геологических процессов (оползневых, карстовых и т.п.), способных отрицательно влиять на строительство и эксплуатацию проектируемых сооружений. Рекогносцировка заключалась в осмотре поверхности участка изысканий и за его пределами на расстоянии 150-300 м.

Бурение скважин производилось буровой установкой ПБУ-2 колонковым способом «всухую» диаметром 146 мм. На участке изысканий пробурено 2 скважины глубиной по 9,0 м. Общий объем бурения составил 18,0 п.м. Местоположение скважин на участке согласовано с заказчиком. В процессе бурения велось порейсовое описание грунтов. Для производства лабораторных работ из скважин было отобрано 5 монолитов и 17 проб нарушенной структуры.

Испытания грунтов статическим зондированием проводились с целью определения:

- плотности сложения песков,
- прочностных и деформационных характеристик грунтов,
- уточнения границ инженерно-геологических элементов.

Испытательная аппаратура - «Пика-17» (измерительный зонд II типа, площадь конуса 10 см<sup>2</sup>, длина муфты трения 310 мм), задавливающее устройство – буровая установка.

Испытание проводилось в 2-х точках с привязкой к ранее пробуренным скважинам, на расстоянии 2,0 м от последних. Зондировка осуществлялась с поверхности с регистрацией значений с глубины 0,4 м с шагом 0,2 м до глубины 9,0 м. В результате измерений получены значения сопротивления грунта под конусом зонда ( $q_c$ ) и удельного сопротивления грунта по боковой поверхности на муфте зонда ( $f_z$ ). Результаты зондирования оформлены в виде графиков, совмещенных с литологическими колонками скважин (приложение 11.4) и таблицы значений прочностных и деформационных характеристик грунтов (приложение 10.6).

Лабораторные исследования грунтов проведены в соответствии с действующими ГОСТами.

По песчаным грунтам определялись: физические свойства (плотность, влажность, грансостав).

**Также проведены определения степени агрессивного воздействия грунтов и грунтовых вод.**

Статистическая обработка результатов лабораторных исследований (приложение 10.3) выполнена согласно ГОСТ 20522-2012.

Буровые скважины нанесены на карту фактического материала М 1:500 (приложение 11.1).

Настоящий отчет составлен в соответствии с СП 47.13330.2012 [1], СП 11-105-97 [2], СП 22.13330.2011 [3] и другими нормативными документами.

### Расчетное сопротивление грунта основания [R]

$$R = 1656.48 \text{ кПа} = 168.91 \text{ т/м}^2 = 16.9 \text{ кг/см}^2$$

### Исходные данные

Данные для расчета взяты из СП 22.13330.2011 (Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*).

$$R = (\gamma_c \cdot \gamma_c \cdot 2/k) [M_\gamma k_b \gamma \Pi + M_q d \cdot 1 \gamma' \Pi + (M_q - 1) d b \gamma' \Pi + M_c c \Pi]$$

Коэффициент условий работы, принимаемые по таблице 5.4 [ $\gamma_c 1$ ]: 1.3

Коэффициент условий работы, принимаемые по таблице 5.4 [ $\gamma_c 2$ ]: 1

Коэффициент, принимаемый равным единице, если прочностные характеристики грунта ( $\phi \Pi$  и  $c \Pi$ ) определены непосредственными испытаниями, и  $k = 1, 1$ , если они приняты по таблицам приложения Б [ $k$ ]: 1

Ширина подошвы фундамента, м [ $b$ ]: 0.35

Осредненное (см. 5.6.10) расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента, кН/м<sup>3</sup> [ $\gamma \Pi$ ]: 20.88

Осредненное (см. 5.6.10) расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше подошвы фундамента, кН/м<sup>3</sup> [ $\gamma' \Pi$ ]: 17.91

Расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента (см. 5.6.10), кПа [ $c \Pi$ ]: 2

Угол внутреннего трения грунта основания [ $\phi \Pi$ ]: 35

Коэффициенты, принимаемые по таблице 5.5 [ $M_\gamma$ ]: 1.68

Коэффициенты, принимаемые по таблице 5.5 [ $M_q$ ]: 7.71

Коэффициенты, принимаемые по таблице 5.5 [ $M_c$ ]: 9.58

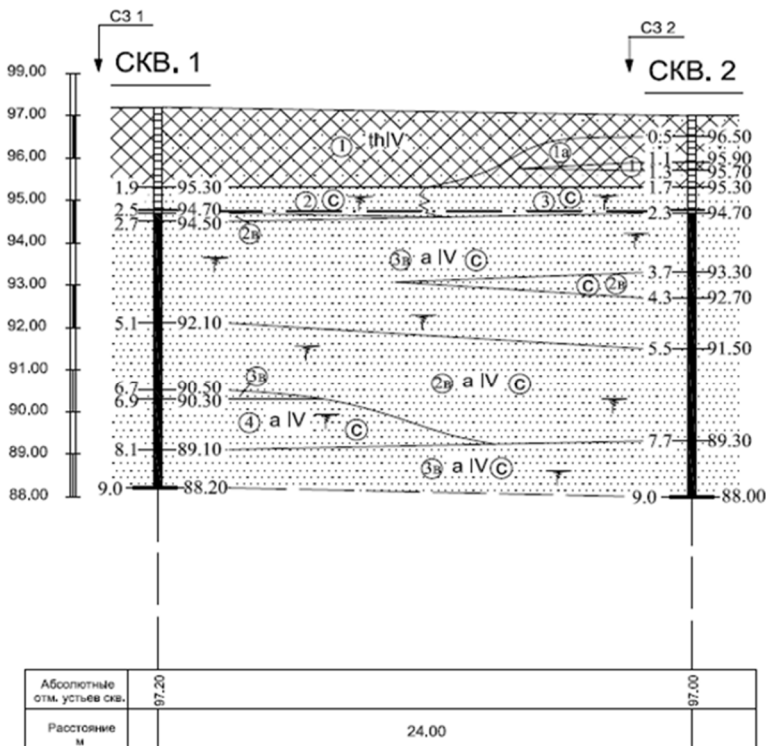
Коэффициент, принимаемый равным единице при  $b < 10$  м;  $k_z = z_0 \div b + 0,2$  при  $b \geq 10$  м (здесь  $z_0 = 8$  м) [ $k_z$ ]: 1

Глубина заложения фундаментов, м, бесподвальных сооружений от уровня планировки или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала, определяемая по формуле (5.8) [ $d 1$ ]: 9

Глубина подвала, расстояние от уровня планировки до пола подвала, м [ $d b$ ]: 0

Расчетное сопротивление грунта основания [R]:

$$R=1.3*1/1*[1.68*1*0.35*20.88+7.71*9*17.91+ (7.71-1)*0*17.91+9.58*2]=1656.48$$



*Рисунок 1. Геологический разрез участка исследований*

## Выводы

Усиление грунтов основания выполняется в следующих случаях:

- при необходимости восстановления корректной работы несущих элементов существующего здания;
- при новом строительстве на площадке с плохими инженерно-геологическими условиями.

В первом случае работы, как правило выполняются в комплексе с усилением и ремонтом фундаментов и имеют ограничения в выборе

методов (во избежание воздействия на рядом расположенные здания). При усилении грунтов на новой площадке выбор метода определяется только техническим и экономическим обоснованием.

На исследуемом участке работ, в связи с гидрогеологическими условиями и расчетным сопротивлением грунтов основания, считаем, что целесообразно использовать метод «Дренажной системы» для сбора и удаления инфильтрованных и грунтовых вод.

### **Список литературы:**

1. СП 47.13330.2012 Свод правил инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.
2. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства (Части I-III).
3. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*.
4. СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85.
5. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*.
6. СП 14.13330.2011 СНиП II-7-81\*Строительство в сейсмических районах.
7. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*.
8. ГОСТ 12071-2014. Грунты. Отбор, упаковка, транспортировка и хранение образцов.
9. ГОСТ 30416-2012. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.
10. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
11. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
12. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация.



## 1.5. ТРАНСПОРТ

### РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ БОЕСТОЙКИХ КОЛЕС

***Свиридов Виктор Александрович***

*курсант,  
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина,  
РФ, г. Воронеж*

***Калинин Никита Сергеевич***

*курсант,  
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина,  
РФ, г. Воронеж*

***Лиховидов Дмитрий Викторович***

*канд. техн. наук, доцент, Военный учебно-научный центр  
Военно-воздушных сил ВВА  
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина,  
РФ, г. Воронеж*

### RESULTS OF THEORETICAL STUDIES OF COMBAT-RESISTANT WHEELS

***Victor Sviridov***

*Cadet, Military educational scientific center  
of Military and air forces "VVA of  
a name of professor N.E. Zhukovskogo and Yu.A. Gagarin",  
Russia, Voronezh*

***Nikita Kalinin***

*Cadet, Military educational scientific center  
of Military and air forces "VVA of  
a name of professor N.E. Zhukovskogo and Yu.A. Gagarin",  
Russia, Voronezh*

***Dmitry Likhovidov***

*Candidate of technical Sciences, associate Professor,  
Military educational scientific center of Military  
and air forces "VVA of  
a name of professor N.E. Zhukovskogo and Yu.A. Gagarin",  
Russia, Voronezh*

**Аннотация.** В статье представлена история развития российских боестойких шин. Рассмотрены результаты теоретических исследований характеристик боестойких колес военной автомобильной техники при поражении обычным стрелковым оружием.

**Abstract.** The article presents the history of the development of Russian combat-resistant tires. The results of theoretical studies of the characteristics of combat-resistant wheels of military vehicles when hit by conventional small arms are considered.

**Ключевые слова:** боестойкие шины; давление воздуха в шинах; обычное оружие; программный комплекс; расчетные исследования; эксплуатационные свойства.

**Keywords:** combat-resistant tires; tire air pressure; conventional weapons; software package; computational studies; operational properties.

Некоторые современные образцы военной автомобильной техники (ВАТ) имеют бронирование для защиты экипажа от воздействия пуль, мин и осколков снарядов. Но какую бы защиту не имел бы экипаж, самым уязвимым местом являются колеса автомобиля. При поражении последних подвижность техники максимально ограничивается, не говоря уже о потере устойчивости, управляемости и проходимости.

Для решения этой проблемы используются боестойкие шины, конструкция которых позволяет выполнять боевые задачи под огнем противника.

Во времена Советского Союза защищенные покрышки выпускались и поставлялись в армию. Но технология изготовления боестойкой шины в 80-е года XX столетия заключалась в производстве резины с толстой жесткой боковиной. В случае пробоя такая шина не давала машине буксовать. В тоже время западные производители использовали схожую технологию. Недостатком такого решения было снижение скорости автомобиля и сильный нагрев, в результате которого резина сгорала.

С начала 2000-х годов все защищенные армейские автомобили были оснащены импортными шинами, к примеру, все «Тайфуны-К», комплектовались французскими колесами.

Начиная с 2012 года, в условиях импортозамещения, возникла потребность в российских разработках боестойких шин. Необходимо было создать комплекс: диск, боевая вставка, шина, гель, снижающий трение при пробое. Иностранные производители (французы, англичане, турки) производят только вставку, клапаны, систему подкачки, а шины используют от Michelin, Goodyear, Pirelli.

На современном этапе производителями в России созданы колеса трех размеров, закрывающих большую часть потребностей МО РФ. Впервые результаты разработок были представлены на Международном форуме «Армия-2017» на стенде завода КАМАЗ с АО «Ремдизель» [1]. Все защищенные автомобили семейства КАМАЗ «Мустанги», «Торнадо» и «Тайфуны-К» были укомплектованы боестойкими нижекамскими шинами «Кама NU401», представлено на рисунке 1.



**Рисунок 1. Нижекамские шины на автомобиле «Тайфун-К»**

Колеса из республики Татарстан отличаются наличием резинометаллического кольца, которое не дает «сесть на диски», представлены на рисунке 2. При этом нагрузка на колесо может составлять до 3,5 тонн. Конструкцию почти невозможно уничтожить, по словам производителей, модель способна выдержать подрыв мины мощностью до 400 г в тротиловом эквиваленте [2].



*Рисунок 2. Боестойкое колесо «Кама»*

Для такого технического решения необходимо было провести предварительные теоретические исследования, провести расчетные оценки эксплуатационных свойств автомобильной техники с боестойкими колесами.

На первый план в расчете эксплуатационных свойств выходит проведение расчетных исследований, что в последствии поможет принять рациональное решение. Этот метод наиболее целесообразен, так как экспериментальный метод обойдется гораздо дороже и затратит значительно больше времени.

Расчетная оценка эксплуатационных свойств образцов ВАТ оснащенных боестойкими колёсами была произведена с использованием программного комплекса, разработанного по результатам научных исследований, проведенных сотрудниками НИИЦ АТ "З ЦНИИ" МО РФ, ныне 21 НИИИ ВАТ МО РФ. Оценивались различные степени повреждений при поражении обычным стрелковым оружием [3, с. 13].

Комплекс включает следующие исходные данные:

1. по образцам ВАТ;
2. по шинам;
3. по условиям проведения расчетных испытаний.

Имеются три расчетных модуля, составляющие основу:

1. по расчету напряженно-деформированного и теплового состояния шины;
2. по расчету показателей устойчивости и управляемости образца техники на боестойких шинах;
3. по расчету показателей проходимости образца техники на боестойких шинах.

Для получения более точных результатов к имеющимся расчетным модулям добавлены расчеты воздействия поражающих факторов обычного стрелкового оружия на боестойкие шины и как результат – расчет обобщенных показателей образцов техники с боестойкими шинами.

На базе данного программного комплекса были проведены теоретические исследования, по результатам которых были разработаны рекомендации по повышению боестойкости колес, что в целом повлияет на живучесть автомобильной техники.

Как известно, давление воздуха в шине влияет на эксплуатационные показатели автомобильной техники в целом, поэтому при расчетах оценивалось изменение этого параметра в зависимости от количества пробоин от стрелкового оружия. Дополнительно учитывались такие важные параметры, как объем используемого ресивера, его минимальное и максимальное рабочее давление при работе системы регулирования давления воздуха в шине (СРДВШ), величина объема внутренней дополнительной опоры в шине, производительность компрессора с длиной и диаметром трубок, подводящих воздух по СРДВШ к шинам.

В статье представлены результаты расчетов, оценивающих боестойкость колес с внутренней дополнительной опорой и без нее. Для расчетов использовались шины размерности 12.00 R20, эксплуатируемых на автомобилях типа «ТИГР» с колесной формулой 4 X 4 [4, с. 13].

Исходными данными для расчетов приняты характеристики стрелкового оружия калибра 7,62 мм; количество пробоин – от 1 до 10 для одиночной шины.

По итогам расчетов были проведены аналитические исследования, которые помогли выработать следующие рекомендации по проектированию и эксплуатации боестойких шин [4, с. 15].

Оценивалось влияние величины объема внутренней дополнительной опоры на характеристики боестойкой шины. Установлено, что величина объема ВДО влияет на время снижения давления в шине до атмосферного на 25 – 50 %, причем, чем большим объемом занимает опора в шине, тем время снижения давления уменьшается в нарастающей степени. В итоге ВДО должна заполнять как можно меньший объем шины и при этом выполнять свою главную задачу по ограничению прогиба шины при пробое.

Данные по влиянию величины объема ресивера на характеристики боестойкой шины показывают, что объем ресивера существенно влияет на время снижения давления в шине до атмосферного (от 13 до 57 % в зависимости от количества пробоин в колесе). Чем больше пробоин, тем более значительную роль играет величина объема ресивера. Увеличенный объем ресиверов позволяет переносить больший урон от воздействия

стрелкового оружия, тем самым, повысить живучесть автомобильной техники при выполнении задач в боевых условиях. Однако увеличением давления в ресивере добиться повышения боестойкости шин не получится, так как время выхода воздуха из шины при пробое в этом случае изменится всего лишь на 3–14 %.

Куда более эффективным способом решения этой проблемы будет увеличение производительности компрессора. Стандартный компрессор эффективен только в случае одной-двух пробоинах. Как показывают проведенные теоретические исследования, увеличение производительности компрессора значительно влияет на время снижения давления воздуха в шине до атмосферного, кроме того появляется возможность обеспечения поддержания давления в шине при нескольких повреждениях. Например, при одной пробое время снижения давления в шине возрастает на 8 %, при четырех пробоях на 18 %, а при восьми пробоях в 2,5 раза, то есть влияние возрастает нелинейно при увеличении пробоин в шине.

Влияние диаметрального размера трубок подвода воздуха от компрессора до ресивера незначительное, но необходимо отметить установленную закономерность для трубок, которые расположены от ресивера до шины. На этом участке диаметр трубок оказывает влияние на скорость выравнивания давлений в шине от ресивера, поэтому здесь необходимо использовать максимально возможный диаметральный размер трубопроводов.

Исследования показали, что для наиболее эффективного функционирования боестойких колес необходимо разработать СРДВШ с индивидуальным подводом воздуха к шинам. Система должна выравнивать давление по колесам и подавать воздух в соответствии с количеством пробоин.

Таким образом, создание программного комплекса по расчету характеристик боестойких шин, позволило определить закономерности влияния количественных показателей поражающих факторов обычного оружия на эксплуатационные характеристики шин.

### **Список литературы:**

1. Боестойкие колеса для армии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vseoshinax.ru/tyre-armi/> (дата обращения: 20.02.2021).
2. Татарстан выгеснил НАТО из проекта Минобороны России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kazan.kp.ru/daily/26443.4/3313370/> (дата обращения: 20.02.2021).

3. Стариков А.Ф., Корнилов В.Г. Программный комплекс по оценке влияния боестойких колес на эксплуатационные свойства военной автомобильной техники [Текст] // Грузовик. –2017. – №1. – с. 12-17.
4. Стариков А.Ф., Корнилов В.Г. Расчет характеристик шин при воздействии поражающих факторов обычного оружия [Текст] // Грузовик. –2017. – №2. – с. 12-16.

## 1.6. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

### СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА С МОДАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

***Брюханова Евгения Вячеславовна***

*студент,  
Сибирский федеральный университет,  
РФ, г. Красноярск*

***Пахомов Александр Николаевич***

*канд. техн. наук, доцент,  
Сибирский федеральный университет,  
РФ, г. Красноярск*

### ELECTRIC DRIVE SYSTEM OF LOAD-LIFTING CRANE TRUCK WITH MODAL CONTROL

***Evgeniya Bryukhanova***

*Student,  
Siberian federal university,  
Russia, Krasnoyarsk*

***Alexander Pakhomov***

*Candidate of Engineering Science, associate Professor,  
Siberian Federal University,  
Russia, Krasnoyarsk*

**Аннотация.** В статье рассмотрены различные варианты построения системы электропривода тележки грузоподъемного крана с модальным управлением. Основной целью разработки таких систем является необходимость ограничения колебаний груза при перемещении тележки.

**Abstract.** The article considers various options for constructing an electric drive system of a load-lifting crane truck with modal control. The



main purpose of developing such systems is the need to limit the fluctuations of the load when moving the truck.

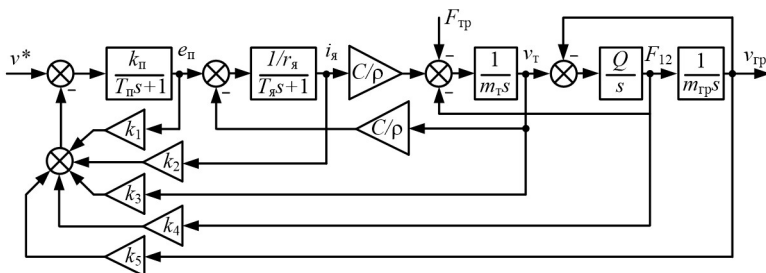
**Ключевые слова:** электропривод; грузоподъемный кран; колебания груза; модальный регулятор; переходный процесс.

**Keywords:** electric drive; load-lifting crane; load oscillations; modal regulator; transient process.

На промышленных предприятиях широко распространены подъемно-транспортные механизмы, в число которых входят мостовые краны. Перемещение тележки грузоподъемного крана сопровождается раскачиванием подвешенного груза. Образование колебаний приводит к нарушению безопасной работы в результате возможных ударов груза с конструкцией крана или другими производственными объектами. Многие технологические процессы требуют ограничения на амплитуду возникающих колебаний, что требует снижения скорости транспортировки грузов. Из-за этого длительность позиционирования значительно увеличивается ввиду необходимости успокоения груза. Все это приводит к снижению производительности грузоподъемного крана и повышению энергопотребления [2, 4].

В данной статье рассматриваются несколько вариантов построения системы электропривода тележки грузоподъемного крана с модальным управлением, широко используемого в многомассовых системах с упругими связями [1], с целью ограничения колебательных процессов при перемещении подвешенного груза.

В качестве объекта исследования рассматривается электропривод механизма перемещения тележки мостового крана с подвешенным грузом. Структурная схема объекта исследования представлена на рисунке 1.



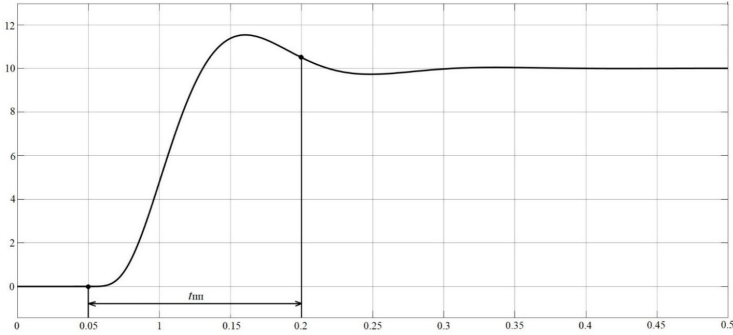
**Рисунок 1.** Структурная схема системы электропривода механизма перемещения тележки мостового крана с модальным управлением

Математическая модель объекта управления составлена в соответствии с методикой, приведенной в [3]. Механизм состоит из тележки, с приведенной массой  $m_T = 133,5$  т, на которой установлен двигатель постоянного тока Д-814 мощностью 55 кВт. Груз массой  $m_{гр} = 150$  т подвешен на канате длиной  $h = 30$  м.

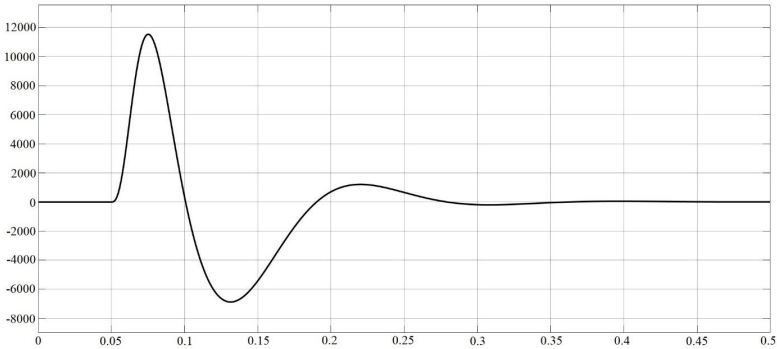
На рисунке 1 введены следующие обозначения:  $v^*$  – заданное значение скорости груза  $v_{гр}$ ;  $e_n, k_n$  и  $T_n$  – ЭДС, коэффициент и постоянная времени силового преобразователя;  $r_y, T_y, C$  – активное сопротивление, электромагнитная постоянная времени якорной цепи и конструктивная постоянная двигателя;  $\rho$  – радиус приведения между скоростью двигателя и скоростью тележки  $v_T$ ;  $F_{тр}$  – сила трения при движении тележки;  $Q = m_{гр} * g / h$  – коэффициент механической связи между тележкой и грузом, где  $g$  – ускорение свободного падения;  $F_{12}$  – горизонтальная составляющая усилия, прикладываемая к грузу при его отклонении от вертикального положения;  $k_1-k_5$  – коэффициенты модальной регулятора;  $s$  – оператор Лапласа.

Синтез модального регулятора электропривода перемещения тележки выполняется методом стандартных коэффициентов с настройкой на модульный оптимум [5]. При этом желательно выполнять условие  $k_i > 0$ , что соответствует отрицательным обратным связям, которые обеспечивают определенную робастность системы, т. е. пониженную чувствительность к изменениям параметров объекта управления [6].

Переходный процесс изменения скорости перемещения груза  $v_{гр}$  показан на рисунке 2 при скачкообразном изменении задающего сигнала  $v^* = 10$  м/с на входе замкнутой системы электропривода. Выполнение указанного условия  $k_i > 0$  для выбранного объекта управления возможно при работе замкнутой системы с достаточно высоким быстродействием (время переходного процесса  $t_{ин} = 0,15$  с), при этом график переходного процесса скорости тележки (рисунок 3) изменяется по колебательному закону с очень большой амплитудой, невозможной и недопустимой при практической реализации.



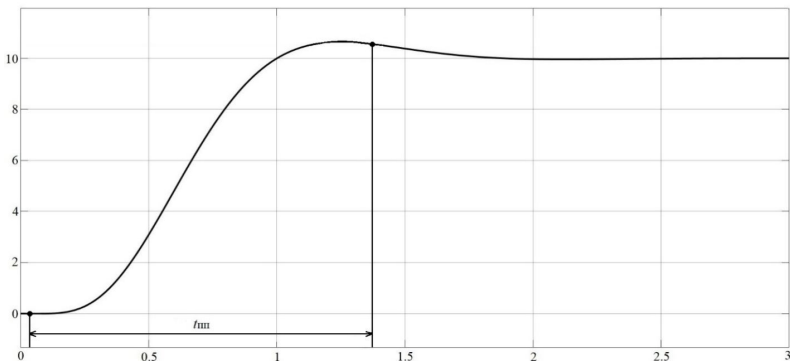
**Рисунок 2. Переходный процесс скорости груза замкнутой системы с модальным управлением с полным набором обратных связей**



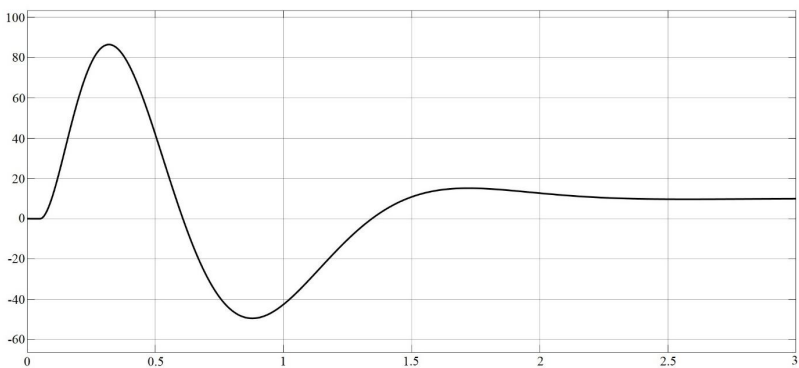
**Рисунок 3. Переходный процесс скорости тележки замкнутой системы с модальным управлением с полным набором обратных связей**

Следовательно, необходимо снизить быстродействие замкнутой системы, что невозможно при полном наборе обратных связей ввиду сравнительно небольших постоянных времени  $T_{\Pi}$  и  $T_{\text{я}}$  по сравнению с постоянными времени инерционной механической части системы.

Пренебрежение малыми постоянными времени ( $T_{\Pi} \approx 0$  и  $T_{\text{я}} \approx 0$ ) позволяет понизить порядок системы (количество обратных связей становится меньше, что уменьшает число коэффициентов  $k_i$  – редуцированный модальный регулятор) и одновременно обеспечить снижение быстродействия системы до уровня  $t_{\text{mn}} = 1,3$  с (рисунок 4) и амплитуды колебаний скорости тележки (рисунок 5).



**Рисунок 4. Переходный процесс скорости груза замкнутой системы с модальным управлением с редуцированным модальным регулятором**



**Рисунок 5. Переходный процесс скорости тележки замкнутой системы с модальным управлением с редуцированным модальным регулятором**

Проведенный анализ систем электропривода с модальным управлением и различным набором обратных связей позволяет сделать следующие выводы:

1. Для уменьшения колебаний груза необходимо использовать обратную связь по скорости груза. Ввиду возникающих трудностей практической реализации измерения скорости груза часто используют методику синтеза регуляторов электропривода, предполагая «жёсткую» связь между тележкой и грузом. При этом скорость перемещения груза

будет иметь явно выраженный колебательный характер, амплитуда колебаний которых затухает медленно из-за незначительного сопротивления воздуха при раскачивании груза [2]. Поэтому, обратную связь по скорости груза рекомендуется реализовывать с помощью наблюдающих устройств [5].

2. Для практической реализации модального управления желательно использовать редуцированный регулятор, обеспечивающий уменьшение числа датчиков (коэффициентов обратных связей), снижение колебаний груза и ограничение амплитуды колебаний скорости тележки. Следует отметить, что в случае необходимости обеспечения ограничения тока до максимально-допустимого значения обратную связь по току можно оставить без существенных качественных изменений характеристик замкнутой системы.

### **Список литературы:**

1. Иванков В.А., Тарарыкин С.В., Тютиков В.В., Красильникьянц Е.В. Модальное управление взаимосвязанными электроприводами с упругими звеньями и зазорами в кинематических передачах // Вестник ИГЭУ. – 2006. – Вып. 3. – С. 43-48.
2. Мещеряков В.Н., Колмыков В.В., Мигунов Д.В. Ограничение колебаний груза, перемещаемого мостовыми кранами // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6-2. – С. 268-272.
3. Онищенко Г.Б. Теория электропривода: Учебник. – М. ИНФРА-М, 2015. – 294 с.
4. Подберезкин А.С., Пахомов А.Н. Нечеткий регулятор электропривода тележки грузоподъемного крана // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: материалы II Всерос. науч.-практич. конф. В 2-х томах. – 2020. – Том 2. – С. 81-86.
5. Терехов В.М. Осипов О.И. Системы управления электроприводов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: «Академия», 2005. – 304 с.
6. Цыкунов А.М. Робастное управление с компенсацией возмущений. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 300 с.

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:  
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам XLIII международной  
научно-практической конференции*

№ 3 (43)  
Апрель 2021 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 05.04.21. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 4,13. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»  
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74  
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3



**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
[nauchforum.ru](http://nauchforum.ru)