



## МАГИСТРАТУРА – АВТОТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ



МАГИСТРАТУРА – АВТОТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

VI (2022)

Материалы VI Всероссийской межвузовской конференции  
«Магистерские слушания»

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

## **МАГИСТРАТУРА – АВТОТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ**

Материалы VI Всероссийской межвузовской конференции  
«Магистерские слушания»

21–22 октября 2021 года

Санкт-Петербург  
2022

УДК 69(063)

*Рецензенты:*

д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,  
профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники  
и автомобильного хозяйства *В. Н. Ложкин*  
(Санкт-Петербургский университет Государственной  
противопожарной службы МЧС России);

д-р техн. наук, профессор *В. В. Лукинский*  
(Департамент менеджмента НИУ ВШЭ в Санкт-Петербурге)

**Магистратура – автотранспортной отрасли** : материалы VI Всероссийской межвузовской конференции «Магистерские слушания» [21–22 октября 2021 г.] ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2022. – 213 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1218-7

Представлены статьи участников VI Всероссийской межвузовской конференции «Магистерские слушания», прошедшей 21–22 октября 2021 г. на базе автомобильно-дорожного факультета СПбГАСУ.

*Печатается по решению Научно-технического совета СПбГАСУ*

*Редакционная коллегия:*

канд. техн. наук, доцент, декан автомобильно-дорожного факультета  
*А. В. Зазыкин* (председатель) (СПбГАСУ);

д-р техн. наук, профессор, завкафедрой наземных  
транспортно-технологических машин *С. А. Евтюков* (СПбГАСУ);

д-р техн. наук, доцент, завкафедрой транспортных систем  
*С. С. Евтюков* (СПбГАСУ);

канд. техн. наук, доцент, завкафедрой автомобильных дорог, мостов  
и тоннелей *М. П. Клековкина* (СПбГАСУ);

канд. техн. наук, доцент, завкафедрой технической эксплуатации  
транспортных средств *И. О. Черняев* (СПбГАСУ);

канд. техн. наук, доцент кафедры технической эксплуатации  
транспортных средств *А. В. Марусин* (секретарь) (СПбГАСУ)

ISBN 978-5-9227-1218-7

© Авторы статей, 2022

© Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет, 2022

---

---

## **СЕКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ, МОСТОВ И ТОННЕЛЕЙ**

**УДК 625.72**

*Наталья Юрьевна Алимова,*  
канд. техн. наук, доцент  
*Сергей Юрьевич Козлов,*  
магистрант  
*Вячеслав Николаевич Авдеев,*  
магистрант  
(Воронежский государственный  
технический университет)  
*E-mail: natalimowa@ya.ru*

*Natalia Juryevna Alimova,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
*Sergey Juryevich Kozlov,*  
Master's degree student  
*Vyacheslav Nikolaevich Avdeev,*  
Master's degree student  
(Voronezh State  
Technical University)  
*E-mail: natalimowa@ya.ru*

### **ИНТЕГРАЦИЯ САПР И ГИС-МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

#### **CAD AND GIS MODELS INTEGRATION IN THE HIGHWAYS DESIGN**

В статье сформулирован принцип концепции информационного моделирования и указано на сложности активного внедрения BIM линейно протяженных объектов. Проанализированы характеристики и состав моделей, которые можно получить с предыдущего и формировать на последующем этапе жизненного цикла. Указаны уровни проработки моделей для каждого этапа. Сделан вывод о важности и преимуществах совместного использования геопространственных данных и более детальной информации, формируемой в системах автоматизированного проектирования (САПР). Важен не только импорт геопространственных данных в проектную модель, но и обратный процесс, когда проектные данные попадают в ГИС-среду и позволяют принимать решения уже на основе данных проекта.

*Ключевые слова:* автомобильная дорога, проектирование, информационное моделирование, уровень проработки, САПР, ГИС, жизненный цикл.

The principle of the information modeling concept is formulated and indicates on the complexity of the active implementation of linear-extended objects BIM



in the article. The characteristics and composition of models that can be obtained from the previous one and are formed at the subsequent stage of the life cycle are analyzed. The levels of model development for each stage are indicated. The conclusion about the importance and advantages of the joint use of geospatial data and more detailed information generated in computer-aided design systems (CAD) is made. It is important not only to import geospatial data into the project model, but also the reverse process, when the project data enters the GIS environment and allows you to make decisions based on the project data.

*Keywords:* road, design, information modeling, level of development, CAD, GIS, life cycle.

Согласно Постановлению Правительства № 331 от 5 марта 2021 с января 2022 года при заключении договора о подготовке проектной документации для объектов капитального строительства, финансируемых с привлечением бюджетных средств, необходимо формирование и ведение информационной модели.

Концепция информационного моделирования, предполагающая обмен данными на различных этапах жизненного цикла открывает возможности решения комплексных задач проектирования, строительства и эксплуатации объектов в едином информационном пространстве.

Сегодня в России имеется богатый опыт применения технологий информационного моделирования для локальных инженерных сооружений (объекты ПГС, мосты, путепроводы и т. п.). Однако, использование накопленного опыта для линейно-протяженных объектов инфраструктуры, в частности, для автомобильных дорог идет с некоторым отставанием.

Информационное моделирование автомобильной дороги, как и любого объекта, основано на принципе непрерывного использования его цифрового представления на протяжении всего жизненного цикла, начиная с создания концептуального представления до этапа эксплуатации. Применение BIM-технологий призвано скоординировать различные разделы проекта, наладить совместную работу, уменьшить число коллизий.

Одной из сложностей активного внедрения BIM линейно-протяженных объектов является интеграция технологий, применяемых на различных этапах жизненного цикла автомобильных дорог.

Планирование любого объекта происходит в сложившейся среде. Поэтому на предпроектной стадии важно проанализировать актуальную информацию на обширной территории, изучить спутниковые снимки, данные о рельефе, существующих объектах, функциональном и ином наполнении. На данном этапе технологии, основанные на ГИС, позволяют оперативно выполнить многовариантное трассирование и выбрать оптимальное решение [1]. При этом известная степень погрешности ГИС-моделей на стадии предпроектных исследований обоснована и приемлема. Требования, предъявляемые к уровню геометрической проработки и информационному наполнению концептуальной модели территориального планирования, должны соответствовать детализации LOD 100.

На этапах изысканий, проектирования и строительства линейно-протяженных объектов используются САПР-модели [2]. И реальность такова, что информационная модель автомобильной дороги со стадии предпроекта не передается на эти этапы, а формируется «с нуля». Сложность интеграции САПР и ГИС моделей обусловлена тем, что модели имеют разную детальность. Но для инфраструктурных проектов, как ни для каких других, очень важно совместить эти данные и получить возможность и преимущества работы и с геопространственными данными и с более детальной информацией, формируемой в САПР. В современные САПР интегрирован ряд функций ГИС. На рисунке представлена цифровая модель местности, совмещенная с веб-картой в качестве подложки. В современных САПР использовано мощное графическое ядро, позволяющее обрабатывать огромное количество стандартной геометрической информации и выполнять различные манипуляции над геометрическими объектами, в том числе создавать модель геопространства для размещения на ней проектируемых объектов. В таком случае ГИС-модель используется однократно как основа для разработки проекта.

На стадии проектирования уровень проработки модели LOD 300. Элементы модели представляются геометрически при помощи специальных объектов или групп с точными размерами, положением и ориентацией. Элементы модели взаимосвязаны и с ними может быть связана дополнительная информация. Модель уровня LOD 300 помимо подготовки стандартной проектной документации, может быть

использована для проведения различных инженерных расчетов и анализа коллизий.



Цифровая модель местности, совмещенная с веб-картой Google Maps

Требования к информационной модели дороги на стадии строительства продиктованы необходимостью наиболее точного воспроизведения проектного решения и минимизации затрат на планирование производства работ. Поэтому на данной стадии наиболее востребована функциональность, позволяющая извлекать координаты конструктивных элементов для выполнения геодезических разбивочных работ и формирования специализированной информации (поверхности и структурные линии) для загрузки в системы автоматизированного управления дорожно-строительными машинами (САУ ДСМ) [3]. На данном этапе происходит привязка данных САПР-модели к пространственным данным.

На стадии строительства модель должна быть проработана до уровня LOD 350 «Проектная модель. Стадия Р». Элементы модели представляются геометрически при помощи специальных объектов или групп с точными размерами, положением, ориентацией, с указанием детализовки, способа устройства (укладки, сборки, монтажа). С элементами может быть связана дополнительная информация. Модель с уровнем проработки LOD 350 является базовой для формирования эксплуатационной модели.

После реализации проекта геопространство изменяется, оно не соответствует использованной модели. Исходная информационная модель обесценивается. Следует также отметить, что в процессе эксплуатации влияние автомобильного движения и природных факторов на геометрию автомобильных дорог, ее структурные элементы и транспортно-эксплуатационные характеристики приводят к тому, что проектное решение сильно отличается от реальной дороги и модель требует актуализации. Проектные САПР-модели на основе актуальной информации преобразуют в совершенно иные отраслевые ГИС-модели, позволяющие решать задачи диагностики, паспортизации и инвентаризации, мониторинга и другие [4].

Для стадии эксплуатации характерен уровень проработки LOD 500 «Эксплуатационная модель». Элементы модели содержат информацию о положении объектов, размерах, форме, ориентации и количестве с учетом данных исполнительной съемки. С элементами может быть связана неграфическая информация.

Эксплуатационная модель создается не только для обеспечения единства принципов хранения, доступа и обработки информации, но и для прогнозирования и проведения мероприятий по поддержанию характеристик объекта на должном уровне. Модель, адекватная текущему состоянию объекта наблюдения, получается в результате мониторинга. При наложении на эксплуатационную модель алгоритмов расчета, возможно, получить прогнозное состояние объектов с геопривязкой. Модели, основанные на совокупности детальной геометрической и пространственной информации, могут быть пригодны для решения ряда задач дорожной отрасли, в том числе для мониторинга за состоянием дорожного покрытия на снегозаносимых участках автомобильных дорог [5, 6]. В таком случае геопространственная привязка позволит наглядно с достаточной долей точности определить местоположение участков, для которых необходимо принимать решения.

Важен не только импорт геопространственных данных в проектную модель, но и обратный процесс, когда проектные данные попадают в ГИС-среду и позволяют принимать решения уже на основе данных проекта.

### Литература

1. *Козлов С. Ю., Иванников С. А., Алимова Н. Ю.* Информационная модель на стадии предпроекта // Магистратура – автотранспортной отрасли. Материалы V Всероссийской межвузовской конференции. Санкт-Петербург, 2021. С. 35–38.
2. *Лигоцкий А. Н.* Информационное моделирование при разработке проектной документации // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2018. № 1 (6). С. 12–18.
3. *Максимычев О. И., Бойков В. Н.* Поддержка жизненного цикла проектов дорожностроительных работ в парадигме цифровой экономики // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2019. №1 (12). С. 10–15.
4. *Бойков В. Н., Скворцов А. В.* Эволюция ГИС автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2017. №1 (8). С. 46–53.
5. *Самодурова Т. В., Гладышева О. В., Алимова Н. Ю., Перегудова В. Н.* Мониторинг снеготаносимых участков автомобильных дорог – информационное моделирование // Научный журнал строительства и архитектуры. 2019. № 4 (56). С. 91–100.
6. *Самодурова Т. В., Гладышева О. В., Алимова Н. Ю.* Мониторинг накопления снега на снеготаносимых участках автомобильных дорог // Дороги и мосты. 2012. № 1 (27). С. 87–101.

**УДК 624.014.2:625.41:656.21**

*Дмитрий Максимович Андреев,*  
студент

*Иван Сергеевич Большихшапок,*  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный  
университет)

*E-mail: andreevd\_m@mail.ru,*  
*i.bshapok@yandex.ru*

*Dmitry Maksimovich Andreev,*  
student

*Ivan Segeevich Bolshikhshapok,*  
student

(Saint Petersburg State  
University of Architecture  
and Civil Engineering)

*E-mail: andreevd\_m@mail.ru,*  
*i.bshapok@yandex.ru*

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ЭСТАКАДНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ТРАНСПОРТНО- ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ МАГИСТРАЛИ ОТ ГАТЧИНЫ ДО САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

### **PROPOSALS FOR THE CONSTRUCTION OF OVERPASS AND TRANSPORTATION HUBS OF THE HIGH-SPEED HIGH-SPEED RAILWAY FROM GATCHINA TO SAINT PETERSBURG**

Представлены результаты научно-исследовательских работ по разработке оптимального расположения эстакадных конструкций и транспортно-пересадочных узлов высокоскоростной транспортной магистрали от Гатчины до Санкт-Петербурга. Усовершенствованная схема магистрали на выбранном участке предусматривает три транспортно-пересадочных узла – станции посадки, соединенные между собой по прямым линиям и объединенные с пассажирскими железнодорожными станциями. Конечные здания транспортно-пересадочных узлов имеют цилиндрическую форму исполнения. Здание ТПУ «Рыбацкое» содержит спиральный пандус для спуска подвижных составов в обслуживающее депо на поверхности земли. Ввиду стесненных условий промежуточная станция в Павловске выполнена в форме открытой книги, по стандартной схеме, без изменения высотного уровня путепровода магистрали, но обеспечивает поворот направления движения поездов транспортной магистрали. Несущие эстакадные конструкции, соединяющие транспортно-пересадочные узлы, предложены арочно-вантового исполнения с пролетами 180 и 360 м для преодоления различных ландшафтных препятствий, включая значительные возвышенности.

*Ключевые слова:* высокоскоростная транспортная магистраль, маглев, эстакадные конструкции, транспортно-пересадочные узлы, большепролетные конструкции.

The results of research work on the development of the optimal location of overpass structures and transport hubs of the high-speed transport highway from Gatchina to St. Petersburg are presented. The improved scheme of the highway on the selected section provides for three transport interchange hubs – boarding stations, interconnected by straight lines and combined with passenger railway stations. The final buildings of the transport hubs have a cylindrical design and contain spiral ramps for lowering the rolling stock to the servicing depot on the surface of the earth. Due to the cramped conditions, the intermediate station in Pavlovsk is made in the form of an open book according to the standard scheme without changing the altitude level of the highway overpass, but providing a turn in the direction of traffic of the transport highway. The load-bearing overpass structures connecting the transport hubs have been proposed in arch-cable-stayed design with spans of 180 m and 360 m to overcome various landscape obstacles, including significant heights.

*Keywords:* high-speed transport highway, maglev, overpass structures, transport hubs, long span structure.

Концепция развития транспортной системы Санкт-Петербурга до 2038 года (Постановление Правительства СПб от 30.06.2014 № 552 с изм. на 04.12.2018 «О государственной программе Санкт-Петербурга «Развитие транспортной системы СПб») определяет основные цели и задачи ее развития. В частности, приведен целый ряд сложных транспортных проблем на границах связи территорий Санкт-Петербурга и Ленинградской области, а именно: недостаточное развитие метрополитена и скоростного трамвая, отсутствие сети транспортно-пересадочных узлов (ТПУ), наличие множества преград (КАД, железные дороги, парки, реки и каналы), исчерпание пропускной способности «входных» автомагистралей, наличие высокоплотной застройки и т. п.

В связи с наличием указанных проблем предложен проект высокоскоростной транспортной магистрали (ВСТМ), связывающей основные транспортные узлы Санкт-Петербурга и Ленинградской области [1, 2]. Магистраль состоит из 13 станций и имеет общую протяженность 165 километров. В основе устройства скоростной магистрали лежит технология магнитной левитации, позволяющая передвигаться с максимальной скоростью 500 км/ч. Среднее время в пути между станциями составит 5–10 минут, а поезда будут отправляться ежеминутно.



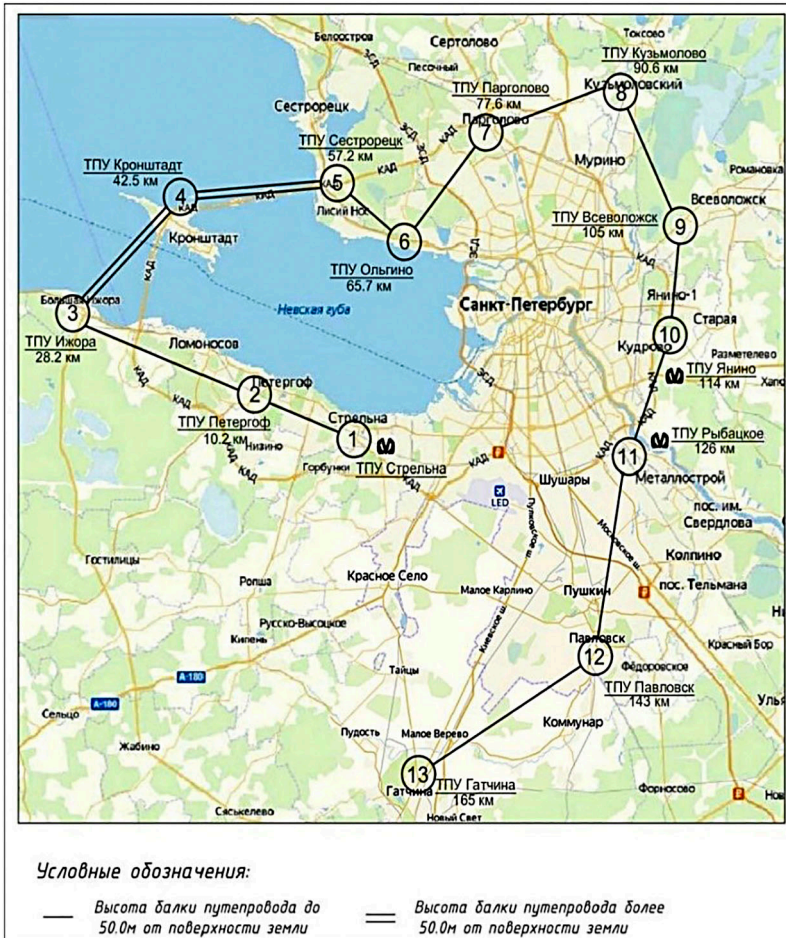


Рис. 1. Схема высокоскоростной магистрали вокруг Санкт-Петербурга

В табл. 1 сведена протяженность пути между станциями. Полная длина высокоскоростной магистрали насчитывает 165 км.



Таблица 1

**Расстояния между станциями**

| Участок                                | Длина,<br>км | Время проезда<br>при максимальной<br>скорости 500 км/ч, мин | Время проезда<br>при максимальной<br>скорости 100 км/ч, мин |
|--|--------------|---|---|
| ТПУ «Стрельна» –<br>ТПУ «Петергоф»     | 10,2         | 3,65  | 9,12  |
| ТПУ «Петергоф» –<br>ТПУ «Ижора»        | 18,0         | 4,58  | 13,79   |
| ТПУ «Ижора» –<br>ТПУ «Кронштадт»       | 14,3         | 4,21  | 11,58   |
| ТПУ «Кронштадт» –<br>ТПУ «Сестрорецк»  | 14,7         | 4,19  | 11,82   |
| ТПУ «Сестрорецк» –<br>ТПУ «Ольгино»    | 8,5          | 3,44  | 8,10  |
| ТПУ «Ольгино» –<br>ТПУ «Парголово»     | 11,9         | 3,92  | 10,14   |
| ТПУ «Парголово» –<br>ТПУ «Кузьмолово»  | 12,9         | 3,98  | 10,80   |
| ТПУ «Кузьмолово» –<br>ТПУ «Всеволожск» | 14,4         | 4,15  | 11,64   |
| ТПУ «Всеволожск» –<br>ТПУ «Янино»      | 9,0          | 3,50  | 8,40  |
| ТПУ «Янино» –<br>ТПУ «Рыбацкое»        | 12,0         | 3,86  | 10,20   |
| ТПУ «Рыбацкое» –<br>ТПУ «Павловск»     | 17,0         | 4,46  | 13,20   |
| ТПУ «Павловск» –<br>ТПУ «Гатчина»      | 22,0         | 5,14  | 16,21   |
| Итого                                  | 165,0        | 49,08   | 135,0   |

В данном проекте в качестве наиболее значимого направления выбран участок от ТПУ «Рыбацкое» до ТПУ «Гатчина» (рис. 2). На данном участке выявлен ряд проблем, а именно сложный ландшафт и наличие объектов, препятствующих расстановке опор магистрали, и значительная разность высотных отметок рельефа между пересадочными станциями.

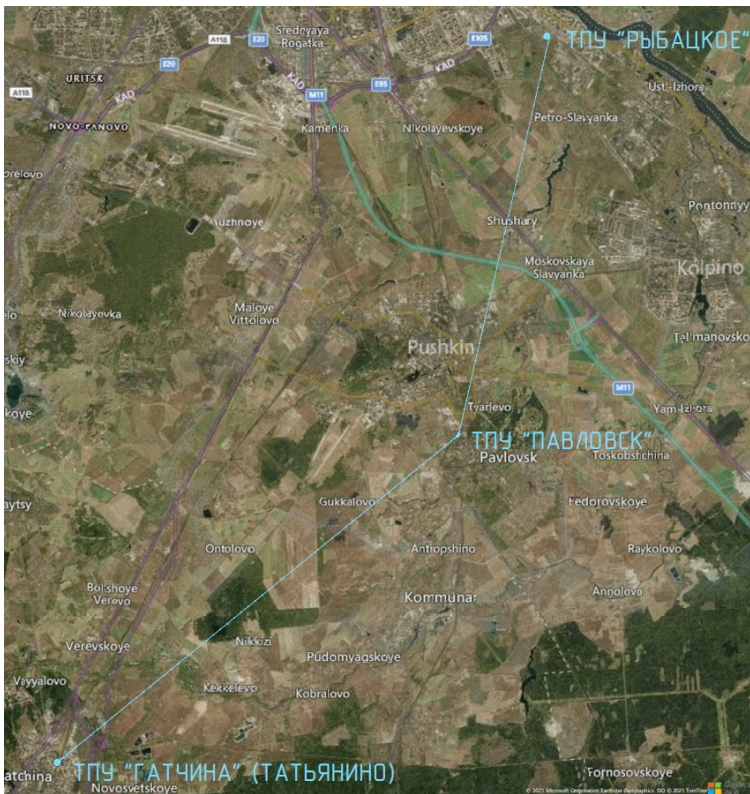


Рис. 2. Расположение участка высокоскоростной транспортной магистрали

На участке была выполнена расстановка опор с применением комбинаций пролетов арок 360 м и 180 м для преодоления препятствий различного характера (рис. 3).

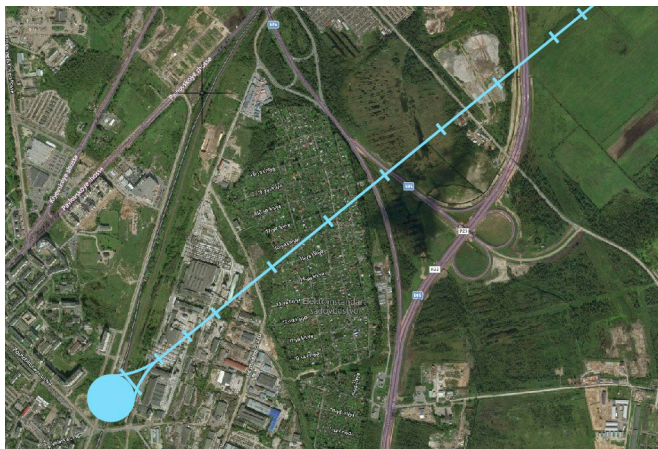


Рис. 3. Участок расстановки опор у ТПУ «Гатчина» (Татьянино)

Построен профиль высотных отметок местности и составлен продольный разрез магистрали, где были рассмотрены различные варианты станций ТПУ. В соответствии с нормами (п.8.7 СП119.13330.2012 «Железные дороги колеи 1520 мм») между станциями обеспечен наклон балки путепровода 3 ‰ за счет изменения высоты опор либо посредством строительного подъема пролетной конструкции. По оптимальному соотношению высот зданий станций в качестве основного был выбран последний вариант из трех (рис. 4).

Здание ТПУ «Рыбацкое» имеет цилиндрическую форму исполнения и содержит в себе спиральный пандус для спуска подвижных составов в обслуживающее депо на поверхности земли (рис. 5 и 6). На поверхности земли устроены перемычки, соединяющие два ряда колонн, которые также выполняют функции входных групп, внутри которых расположены кассы и лифтовые холлы. Колонны расположены по двум концентрическим окружностям. Промежуточный этаж выполняет роль распорок колонн, уменьшая расчетную высоту колонн. Промежуточная станция ТПУ «Павловск» ввиду стесненных условий выполнена в форме открытой книги по стандартной схеме без изменения высотного уровня путепровода магистрали с возможностью обеспечения поворота поездов ВСТМ [3, 4].

Здание ТПУ «Гатчина» имеет кольцевую форму с целью осуществления остановки и разворота подвижных составов магистрали и представляет собой два кольца, поднятых над поверхностью земли и находящимися друг над другом с общей вертикальной центральной осью. Диаметр здания составляет 232 метров, а верхняя отметка покрытия расположена на высоте 70 метров от уровня земли. Фасад здания имеет переменную форму по высоте, а в плане – кольцевую форму.

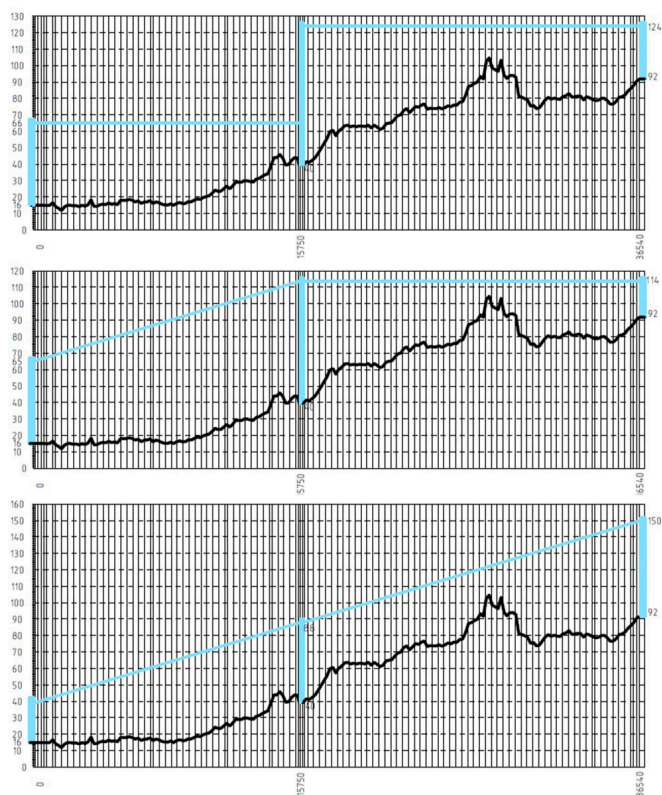


Рис. 4. Профиль высот местности и три варианта прохождения ВСТМ (синий цвет) на участке ТПУ «Рыбацкое» – ТПУ «Павловск» – ТПУ «Гатчина» (Гатьянино); нижний вариант принят основным

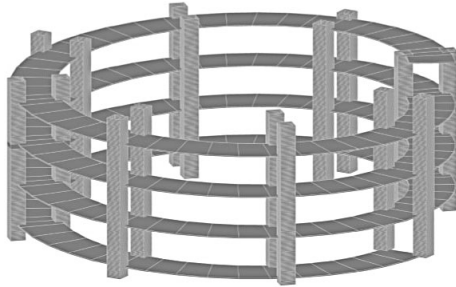


Рис. 5. Общий вид каркаса здания ТПУ «Рыбацкое» с пандусом (расчетная модель)

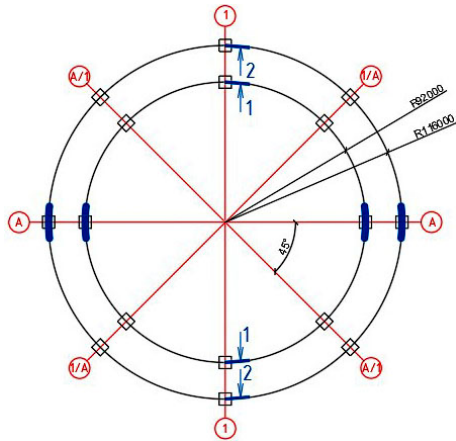


Рис. 6. План здания ТПУ «Рыбацкое»

Конструктивное решение зданий ТПУ представляет из себя каркас из сетки колонн по радиально-кольцевой схеме с восьмью секторами, что позволяет упростить возведение здания такой конфигурации. Основные конструктивные элементы – сталебетонные колонны, расположенные таким образом, что создается отдельная секция, которая позволяет распределить нагрузку равномерно. Транспортная платформа располагается на отметке +60,000 м, которая обусловлена расположением путепровода ВСТМ, находящегося на абсолютной

отметке +150,000 м. Основными несущими элементами являются железобетонные колонны, которые поддерживают два кольца над поверхностью земли. Перекрытия этажей опираются на внутренний и внешний ряд колонн. На каждый сектор будет приходиться по 2 колонны сечением  $800 \times 800$  мм как с внутренней, так и с наружной стороны сооружения, связанные между собой армопоясами. Так же армопояса предусмотрены для пандуса. Размеры здания ТПУ в плане: внутренний диаметр 184,0 м, наружный – 232,0 м, ширина пандуса 24,0 м.

В качестве конструкций пандуса рассмотрено решение устройства аналогичное автомобильным рампам, которые возводятся для многоэтажных паркингов. Они могут быть как сталебетонными, так и стальными. В развертке разрез одного кольцевого пролета имеет длину 578,0 м по внутренней грани и 728,8 м – по наружной. Разрезы представлены на рис. 7 и 8.

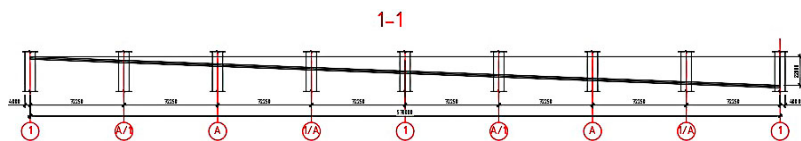


Рис. 7. Развертка ТПУ «Рыбацкое» по внутренней грани

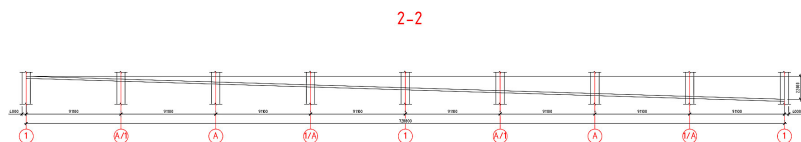


Рис. 8. Развертка ТПУ «Рыбацкое» по наружной грани

ВСТМ представляет собой эстакадную конструкцию арочно-вантового типа, которая проектируется в соответствии с нормами для транспортных сооружений и строительных конструкций [5–9]. Пролетная конструкция состоит из двух арок, соединенных «по хребту» между собой поперечными ригелями. Опорные конструкции представлены пилонами в виде рамной системы. Ригели и раскосные элементы выполнены из стальных труб диаметром 1920 мм. Стойки



представляют собой трубобетонные элементы со стальными трубами того же диаметра. Стойки являются продолжением свайного фундамента, изготовленного по технологии свай оболочек с применением обсадной трубы. Для соединения элементов конструкции используются фрикционные болтовые и сварные соединения.

Балка-путепровод состоит из 4 труб диаметром 3020 мм, соединенных между собой через сварные элементы-трубы. По длине трубы стыкуются между собой через опорные фланцы на болтовом соединении на высокопрочных болтах. К опорным фланцам от арок подводятся подвески с предварительным напряжением, не дающие провисать балке в пролетах. Также от уширения пилонов к балке подводятся предварительно-напряженные оттяжки, закрепляющие балку от раскачивания в горизонтальном направлении.

На участке входа ВСТМ в ТПУ «Гатчина» происходит разветвление составного сечения путепровода, состоящего из четырех труб, на две спаренных трубы для возможности входа и выхода в цилиндрическое здание ТПУ «Гатчина» по касательной к фасаду. В связи с этим ближайшая к зданию колонна была расширена для возможности опирания разветвленного путепровода.

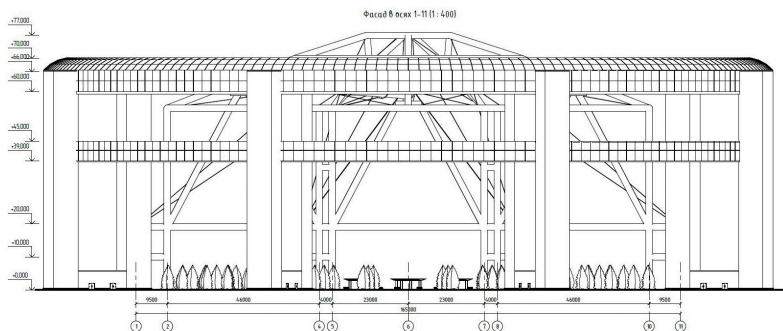


Рис. 9. Фасад здания ТПУ «Гатчина» (Татьянино)

Всего в проекте было рассмотрено два варианта конструктивно-технологических решений для формирования участка линейной части ВСТМ. Первый вариант состоит из одной арки пролетом 360 метров, а второй вариант – из двух арок пролетом 180 метров. Для каждой

из схем были собраны нагрузки, учтены снеговые и ветровые нагрузки, нагрузки от технологического оборудования и движения поездов. Также были учтены гололедные нагрузки на вантовых элементах. В связи с наличием гибких элементов и значительных перемещений в арке расчет схем был произведен нелинейным методом.

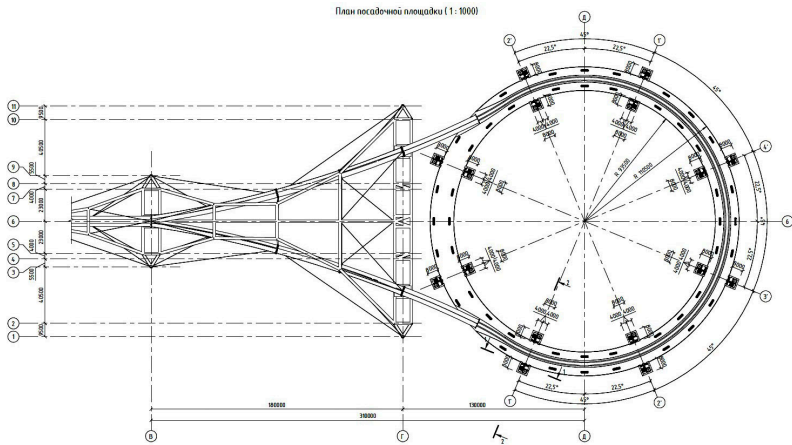


Рис. 10. План этажа здания ТПУ «Гатчина» (Татьянино)

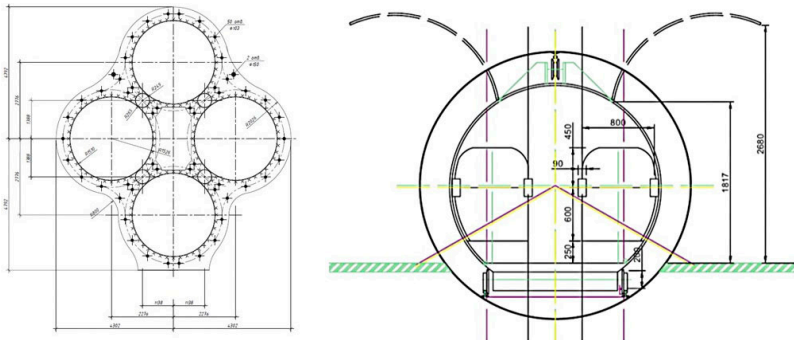


Рис. 11. Сечение балки-путепровода (слева) и путепровод с изображением транспортного модуля на стоянке в ТПУ при посадке-посадке (справа)





Рис. 12. Варианты участка входа магистрали в ТПУ «Гатчина» (Татьянино)

Расчет усилий и общих перемещений производился в расчетном комплексе SCAD++. По полученным усилиям подобраны сечения и выполнен сравнительный анализ вариантов конструкций. В результате составлена таблица сравнения расхода стали для двух вариантов. Сравнение показало, что использование меньшего пролета за счет меньших сечений элементов позволяет получить выгоду в металле до 20 %.

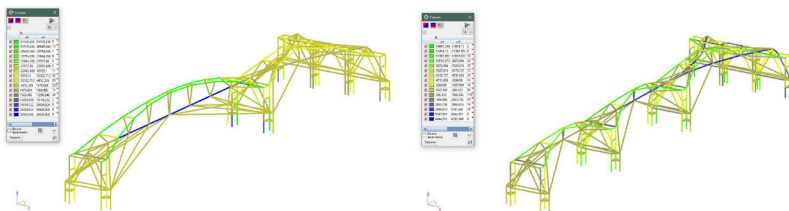


Рис. 13. Продольные усилия в арочно-вантовых конструкциях ВСТМ

Таким образом, в проекте были рассчитаны основные элементы несущих эстакадных конструкций. Определены сечения арок, а также сечения элементов опорных рам, а именно трубобетонные стойки и стальные ригели и раскосы. Проверена прочность и предельные перемещения балки-трубопровода. Определены сечения вантовых элементов. В связи с наличием данных элементов было учтено гололедное воздействие. Расчет конструкции был произведен нелинейным методом в программном комплексе SCAD++. На основе полученных результатов посчитаны основные узловые соединения элементов конструкций. Вариант с меньшими пролетами оказался предпочтительным.

Таблица 2

## Сравнение двух вариантов конструктивных схем

| Элементы                | Ед. изм.       | Сравнительный анализ |                    |         |
|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------|---------|
|                         |                | I вариант (2×180 м)  | II вариант (360 м) | %%      |
| Вантовые элементы       | т              | 11,25                | 37,59              | 234,1 % |
| Пилоны (сталь)          | т              | 273,06               | 272,35             | -0,26 % |
| Пилоны (бетон)          | м <sup>3</sup> | 1643,63              | 3287,27            | 98,2 %  |
| Арки                    | т              | 1837,4               | 2773,55            | 50,9 %  |
| Путепровод              | т              | 2657,65              | 2657,65            | 0 %     |
| Общий расход стали      | т              | 4779,36              | 5741,13            | 20,12 % |
| Удельная металлоемкость | т/м            | 13,3                 | 15,9               | 19,5 %  |

**Литература**

1. Сенькин Н. А., Филимонов А. С., Халимбеков И. М., Кравец А. И., Митровска Д., Большихшапок И. С. Предложения по строительству эстакадных конструкций и транспортно-пересадочных узлов высокоскоростной магистрали в Санкт-Петербурге // Транспортные системы и технологии. – 2021. – Т. 7. – № 1. – С. 99–124.

2. Сенькин Н. А., Филимонов А. С., Харитонов К. Е. и др. К вопросу создания высокоскоростной транспортной магистрали в Санкт-Петербурге // Транспортные системы и технологии. – 2019. Т. 5. – № 4. С. 25–47.

3. Митровска Д. Исследование вариантов конструктивных решений для многофункционального здания транспортно-пересадочного узла «Стрельна» / Сб. статей магистрантов и аспирантов. Вып. 4. Том 1. – СПб.: СПбГАСУ, 2021. – С. 318–327.

4. Бернацкая К. В. Вопросы проектирования многофункционального транспортно-пересадочного узла «Кронштадт» // Актуальные проблемы современного строительства. – Ч. 1. – СПб: СПбГАСУ, 2020. – С. 172–179.

5. СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*».

6. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84\*.

7. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003.

8. Об утверждении Единых требований к формированию транспортно-пересадочных узлов и транспортно-пересадочных комплексов на сети железных дорог ОАО «РЖД»: распоряжение ОАО «РЖД» от 22.09.2016 № 1945 р.

9. СП 395.1325800.2018. Транспортно-пересадочные узлы. Правила проектирования. М.: Стандартиформ, 2018. 23 с.

**УДК 625.7**

*Екатерина Валерьевна Дмитриева,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный  
университет)  
*E-mail: catherine6599@gmail.com*

*Ekaterina Valer'evna Dmitrieva,*  
student  
(Saint Petersburg State  
University of Architecture  
and Civil Engineering)  
*E-mail: catherine6599@gmail.com*

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

### **ENVIRONMENTAL SAFETY OF HIGHWAYS**

Цель данной статьи – рассмотреть понятие экологической безопасности автомобильных дорог, закрепленное правовыми нормами, а также требования по мониторингу экологической безопасности и ее обеспечению на этапах жизненного цикла автомобильных дорог.

*Ключевые слова:* экологическая безопасность, жизненный цикл.

The purpose of the scientific article is to consider the concept of environmental safety of highways, enshrined in legal norms, as well as the requirements for monitoring environmental safety and ensuring it at the stages of the life cycle of highways.

*Keywords:* environmental safety, life cycle.

Среди всех отраслей автотранспортного комплекса автомобильный транспорт первенствует по уровню возрастающего отрицательного воздействия на весь окружающий мир и здоровье всех живых существ.

Ключевые варианты влияния автотранспорта на окружающий мир и природу – загрязнение вредными веществами использованных газов транспортных двигателей, выбросы вредоносных веществ в атмосферу от стационарных источников, засорение поверхностных водных объектов, образование отходов и воздействие автотранспортных шумов. Возрастает интоксикация почв, донных и поверхностных вод, загрязнение атмосферы. Вред жизни и здоровью людей из-за ухудшения качества среды в несколько раз больше ущерба от ДТП.

Одним из главнейших вопросов проектирования, строительства, ремонта и содержания автодорог представляется удержание

природоохранного равновесия в зоне месторасположения дороги. Многосторонний характер связей автодороги с окружающим миром требует учитывать все факторы для комплексной оценки всей ситуации в автодорожной сфере.

Экологическая безопасность автодорог обуславливает сдерживание неблагоприятного влияния на окружающий мир. Воздействие на природные характеристики должно не превосходить определенных параметров, определенных нормативной документацией, отступление от которой вызывает непоправимые изменения негативного характера.

Явление экологической безопасности – разногранно. Оно определяется как обеспечение существования окружающей среды, при котором невозможно негативное воздействие на его качество, устанавливается защита прав и свобод от разнообразных отрицательных природных или антропогенных воздействий на окружающую среду.

Согласно ОДМ «Экологическая безопасность автомобильной дороги: понятия и количественная оценка», ратифицированном постановлением Минтранса России от 31. 2002 № ОС-1181-р.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ - состояние защищенности окружающей природной и социальной среды от воздействия дороги на этапах строительства, реконструкции, эксплуатации, содержания и ремонта, когда параметры воздействия дороги на среду не выходят за пределы фоновых значений или не превышают санитарно-гигиенических (экологических) нормативов. В этом случае функционирование природных экосистем на придорожных территориях без каких-либо изменений обеспечивается неопределенно долгое время.

### Рис. 1. Определение экологической безопасности

Аспекты экологической безопасности, условия отслеживания состояния и обеспечения на фазах цикла жизни автодорог закреплены последующими нормативно-правовыми актами:

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г.
2. ОДН 218.5.016-2002 Показатели и нормы экологической безопасности автомобильной дороги.
3. ОДМ Экологическая безопасность автомобильной дороги: понятия и количественная оценка.
4. ГОСТ Р 50597-2017. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения.

5. Рекомендации по учету требований по охране окружающей природной среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов. ФДД Минтранса России, согласованы с Минприроды России, 19.06.1995, № 03-19/АА: Минтранс РФ, 1995

Согласно заключению Комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 № 827 (ред. От 18.09.2012) «О принятии технического регламента Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог»

"жизненный цикл" - период времени, за который выполняются совокупность процессов от момента проектирования автомобильной дороги, включая строительство (возведение) и содержание, до ее утилизации (ликвидации);

Рис. 2. Определение жизненного цикла

Жизненный цикл автодороги (сети автодорог) как объекта общего пользования складывается из стадий: планирования формирования сети автодорог, ТЭО строительства, изысканий автодорог, отвод земель, открытых или закрытых торгов, создания технического проекта, создания ППР, производство СМР, технического сопровождения, оценки качества строительно-монтажных работ, написание паспорта автодороги, постоянное отслеживание состояния автодороги в ходе регулярной эксплуатации, содержания и ремонтных работ автодороги, капремонт автодороги, перестройки автодорог, уничтожение или переработка.

Анализ производственных процессов из соображения влияния на окружающий мир, и установления работ по уменьшению общего негативного влияния выполняются для каждой стадии при строительстве, ямочном ремонте, капитальном ремонте и содержании (эксплуатации) дорог.

В статье были рассмотрены:

- понятие экологической безопасности автодорог, закрепленное правовыми нормами;
- требования по мониторингу экологической безопасности и ее обеспечению на этапах жизненного цикла автомобильных дорог.

В заключении данной научной статьи по результатам рассматривания понятия экологической безопасности автодорог, закрепленного правовыми нормами, можно сделать вывод о наличии в законодательстве Российской Федерации вышеназванного понятия, а также

о наличии нормативных документов, закрепляющих способы мониторинга экологического состояния автомобильных дорог.

### **Литература**

1. ОДМ Экологическая безопасность автомобильной дороги: понятия и количественная оценка.
2. Кондрашова Е. В., Скворцова Т. В., Лобанов Ю. В. Экологическая безопасность лесовозных автомобильных дорог // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – № 9. – С. 79–79.
3. ОДН 218.5.016-2002. Показатели и нормы экологической безопасности автомобильной дороги.

**УДК 693.3**

*Александр Владимирович Квитко,*

канд. техн. наук, доцент

*Илья Горностаев,*

магистр

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: kvitko.67.67@mail.ru,*

*Gornostay1337@gmail.com*

*Alexander Vladimirovich Kvitko,*

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

*Ilya Gornostayev,*

Master's degree student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: kvitko.67.67@mail.ru,*

*Gornostay1337@gmail.com*

**АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ  
СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ  
С ЦЕМЕНТОБЕТОННЫМ  
И АСФАЛЬТОБЕТОННЫМ ПОКРЫТИЯМИ**

**ANALYSIS OF THE OPERATIONAL PROPERTIES  
OF ROADS WITH CEMENT-CONCRETE  
AND ASPHALT-CONCRETE PAVEMENTS**

В данной статье представлен сравнительный анализ дорог с цементобетонным и асфальтобетонным покрытиями. Проанализированы особенности и недостатки цементобетонных дорожных покрытий в сравнении с асфальтобетонными. Отмечены экономические и экологические преимущества дорог с цементобетонными покрытиями. Представлены примеры реализации строительства бетонных дорог в странах ближнего и дальнего зарубежья.

*Ключевые слова:* цементобетонные покрытия, асфальтобетонные покрытия, дорожные работы, долговечность, эксплуатация.

The article presents a comparative analysis of roads with cement concrete and asphalt concrete pavement. The features and disadvantages of cement-concrete road surfaces are analyzed before asphalt-concrete ones. The economic and environmental advantages of roads with cement concrete pavements are noted. The examples of the implementation of the construction of roads from concrete roads in the countries of near and far abroad are presented.

*Keywords:* cement-concrete pavements, asphalt-concrete pavements, road works, durability, operation.

В данной статье рассмотрены эксплуатационные свойства и качества цементобетонного покрытия, а также проведен их сравнительный анализ по основным показателям с асфальтобетонным покрытием.



Согласно СП 78.13330.2012 [1]:

*Цементобетонное дорожное покрытие* – это капитальное покрытие, монолитное, сооружаемое из цементобетонных (или полимербетонных) смесей, уплотняемых на месте работ.

*Асфальтобетонное дорожное покрытие* – это покрытие капитального типа, построенное и уплотненное из плотных асфальтобетонных (горячих или холодных) смесей.

За прошедшие двадцать лет в Российской Федерации сильно увеличился автопарк. Сегодня, в связи с изменением состава движения и повышением грузоподъемности транспорта до 12–13 (двенадцать – тринадцать) тонн на ось, срок службы имеющихся дорожных одежд автомобильных дорог резко сократился. Срок службы составляет для покрытия из асфальтобетона – до 5–6 (пять – шесть) лет, а для покрытия из цементобетона – до 25–30 (двадцать пять – тридцать) лет [2–5].

Дорожные компании встретились с проблемами, связанными с невысокой эксплуатационной прочностью дорожных одежд из асфальтобетона: образованием колеи, интенсивным формированием выбоин, возникновением сетки трещин на дорожных покрытиях. В большей степени к решению данных задач годится цементобетонное покрытие.

В России в силу ряда факторов определилась неблагоприятное положение с предоставлением нормативных сроков службы дорожных одежд. Действительный межремонтный срок службы асфальтобетонных дорог даже федеральной дорожной сети является 5–7 (пять – семь) лет, и в последнее время присутствует курс к его снижению.

По данным МАДИ для магистральных автодорог доминируют нежесткие дорожные одежды с асфальтобетонными покрытиями 97 % (девяносто семь процентов) и лишь 3 % (три процента) дорог с усовершенствованными покрытиями представлены цементобетонными. При этом в мире доля дорог из бетона составляет от 13 % (тринадцать процентов) до 60 % (шестьдесят процентов).

Одним из основных плюсов автодорог, произведенных из бетона, является их твердость, надежность и долговечность. Если длительность срока службы асфальтобетонных дорог приблизительно 10 (десять), а в некоторых случаях и 12 (двенадцать) лет при условии ежегодного ремонта, то бетонные дороги выдерживают 40–50 (сорок-пятьде-

сят) лет эксплуатации. Это совпадает с экономической эффективностью производства бетонных дорог при сроках их службы не менее 50 (пятьдесят) лет [6, 7]. Межремонтные сроки при эксплуатации бетонных дорог заметно больше, следовательно, и содержание дорог будет экономически более выгодным. Впрочем, к минусам возможно отнести, что сам ремонт и содержание таковых дорог более сложный с технической точки зрения, а также более затратный.

В условиях экстремальных атмосферных условий (проливные дожди, морозы, жара, перепады температур) бетонные дороги показывают себя с наилучшей стороны. При условиях повышенных температур покрытие не размягчается и не образует колееность. Также бетонное дорожное покрытие выдерживает высочайшие нагрузки, от воздействия высоких нагрузок практически не деформируется, следовательно, позитивно воздействует на экономии горючего автомобилей, что способствует более подходящему решению вопросов экологии, преимущественно остро стоящих в настоящее время. Не менее значимое превосходство содержится в том, что, при производстве бетона, отсутствуют углеводороды, а значит, имеет место бережливость не восполняемых естественных природных ресурсов.

В России потребность и необходимость массового, глобального сооружения бетонных дорог дискутировалось неоднократно, впрочем, до сих пор дороги строятся, в основном, из асфальтобетона. Изначально первопричина такого предпочтения содержалась в том, что цементная индустрия была сформирована хуже, чем нефтяная, а битум, необходимый для изготовления асфальта, относится к отходам нефтяной промышленности и в России повсеместно доступен, хорошо изучен и массово применяется. Сейчас различие цен строительства бетонных и асфальтовых дорог существенно урезается за счет применения новейших технологий и материалов, и для перехода на применение бетона, нужно разрабатывать новейшую проектную документацию, привести обусловленные способы изменения в способ расчета стоимости, отработать механизмы внедрения.

Вдобавок остро встает вопрос соблюдения технологии строительства. Как-никак на бетонной дороге «ямочный» ремонт значительно дороже и качество покрытия завязано на применяемых материалах и соблюдении технологии. На международной научно-практической

конференции, состоявшейся в Москве 30 (тридцатого) сентября 2021 (две тысячи двадцать первого) года «Строительство качественных и безопасных дорог с применением цементобетона и минеральных вяжущих», дискутировался вопрос сооружения цементобетонных дорог как будущего дорожной карты России. Все выступающие подметили высочайшую развитость технологий для строительства бетонных дорог, а также, что не менее важно укрепление и стабилизация основания, что является особо важным вопросом при строительстве автодорог высших категорий [8].

В условиях отечественного климата дорожные работы с применением асфальтобетона ограничены теплым сезоном. При возведении бетонных дорог подобных проблем не наблюдается: он не плавится, его просто замесить, а использование нынешних добавок разрешает проводить бетонные работы даже при отрицательных температурах.

Вопрос увеличения экономической эффективности от использования цементобетона при возведении автодорог безостановочно находится на повестке дня ученых многих стран.

Имеются потенциальные возможности по повышению долговечности цементобетонных покрытий при сочетании портландцемента и техногенных отходов. В США в 2002 (две тысячи второй) году для строительства рулежных дорожек аэропорта в штате Техас использовали цемент 50 % (пятьдесят процентов) в сочетании с молотым гранулированным шлаком 25 % (двадцать пять процентов) и золой уноса 25 % (двадцать пять процентов). Бетон испытан в 2008 (две тысячи восьмом) г., и утверждается, что «срок службы цементобетонного покрытия составит не менее 120 (сто двадцать) лет».

Применение самовосстанавливающихся медленнотвердеющих дорожных бетонов в основаниях дает возможность значительно повысить темпы строительства и долговечность современных цементобетонных дорог. Автомобильная дорога I (первой) категории, «Астана-Щучинск», участок 07-57 (семь – пятьдесят семь) км, воздвигнутая в 2007 (две тысячи седьмом) г. с цементобетонным покрытием на основании из самовосстанавливающегося золобетона, уже в течение 12 (двенадцать) лет эксплуатируется в идеальном состоянии [9].

Таким образом возможно сделать вывод, что использование цементобетона при возведении автомобильных дорог в Российской Федерации имеет обширные перспективы.

### **Литература**

1. СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги.
2. *Кочетков А. В.* Расчет и конструирование дорожных одежд / А. В. Кочетков, Н. В. Кокодеева, П. Б. Рапопорт, Н. В. Рапопорт, И. Г. Шашков // Автомобильные дороги. – 2011.
3. *Паткина И. А.* К вопросу о новых методах оценки работоспособности цементобетона для дорожных и мостовых сооружений / И. А. Паткина, Т. А. Пошехонова, П. Н. Рогачев // ДОРОГИ И МОСТЫ. – 2011.
4. *Ушаков В. В.* Ремонт цементобетонных покрытий автомобильных дорог: обзорная информ. / Информационный центр автомобильных дорог. – М., 2002.
5. *Носов В. П.* Причины образования уступов на цементобетонных покрытиях автомобильных дорог / В. П. Носов // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2008.
6. *Асатулаев Б. А., Асатулаев Р. Б., Шестаков В. Н.* Теория и практик инновационных технологий в дорожном строительстве Казахстана: материалы Международной 66-й научно-практической конференции ФГБОУ ВПО «СИБАДИ». – Омск, 2012.
7. *Радовский Б. С.* Концепция вечных дорожных одежд / Б. С. Радовский // Каталог-справочник: Дорожная техника. – 2011.
8. I Международная научно-практическая конференция «Строительство качественных и безопасных дорог с применением цементобетона и минеральных вяжущих». Москва, 2021.
9. *Асатулаев Б. А., Асатулаев Р. Б., Асатулаев Н. Б., Ошанов А. Е., Мазгутов Р. А.* Нано модифицированные медленнотвердеющие дорожные бетоны для долговечных автомобильных дорог. Казахстан, 2021.

---

---

## **СЕКЦИЯ ДОРОЖНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

**УДК 693.546.7**

*Роман Александрович Абрамов,*

студент

*Светлана Геннадьевна Алексеева,*

студент

*Сергей Владимирович Бровкин,*

студент

*Валерий Вадимович Ермилов,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

*Roman Aleksandrovich Abramov,*

student

*Svetlana Gennadijevna Alekseeva,*

student

*Sergey Vladimirovich Brovkin,*

student

*Valery Vadimovich Ermilov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

### **ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ ЗАГЛАЖИВАЮЩИХ МАШИН**

#### **RELIABILITY PROBLEMS OF SMOOTHING MACHINES**

Существенная группа автомобилей создана для декоративной обработки бетонных и каменных поверхностей. Транспортные средства, обрабатывающие свежесуложенные или незатвердевшие бетонные поверхности, в большей степени применяются в различных областях строительства. Полировка каменных блоков и плит обычно осуществляется в заводских и полигонных условиях при помощи стационарных машин порталного или консольного типов. Машины малой механизации применяются в исключительных случаях – для финишной полировки полов в дорожных зданиях. Эта категория машин предназначена для изготовления в конечном итоге сборных или монолитных железобетонных конструкций в условиях ДСК или на строительных площадках. В статье рассмотрены основные виды износа заглаживающих машин и сроки их эксплуатации.

*Ключевые слова:* заглаживающие машины, абразивный износ, окислительный износ, отделка поверхностей.

A large group of machines is designed for decorative treatment of concrete and stone surfaces. Machines that process freshly laid or not hardened concrete surfaces

have found the greatest application in various fields of construction. Polishing of stone blocks and slabs is usually carried out in factory and landfill conditions using stationary machines of portal or console types. Machines of small mechanization are used in exceptional cases – for finishing polishing floors in expensive buildings. This category of machines is intended for the manufacture of ultimately prefabricated or monolithic reinforced concrete structures in the conditions of the DSK or on construction sites. The article discusses the main types of wear of smoothing machines and their service life.

*Keywords:* smoothing machines, abrasive wear, oxidative wear, surface finishing.

Все операции по обработке бетонных смесей (БС) проводятся при положительной температуре окружающей среды и часто в закрытых отапливаемых помещениях, поэтому на этапе проектирования в эти машины не включаются материалы, предназначенные для работы при низких температурах, что делает металлоконструкции таких машин дешевле.

Надежность машин повышается за счет проектирования легкосменных быстроизнашивающихся узлов, запас которых хранится рядом с машиной (днище заглаживающего диска). Такие меры повышения надежности машин обусловлены тем, что БС через 30–45 минут меняет свои свойства, в результате чего изделие получается менее прочным, а при простое в несколько часов БС затвердевает и замолочивает рабочий орган автомобиля.

В настоящее время существует 2 типа заводской обработки поверхности изделий: обработка поверхности до начала отверждения бетона и обработка поверхности отвержденных изделий. В I-ом случае поверхность изделия разглаживается до необходимой чистоты с меньшими затратами, во II-ом – измельчение поверхности затвердевшего бетона в основном применяется для обработки поверхностей, прилегающих к плоскостям формы, и обычно основывается на устранении дефектов формы.

Эффективность любого гладильного, затирочного, шлифовального или полировального рабочего органа во многом определяется процессами трения между трущейся поверхностью рабочего тела и обрабатываемой поверхностью, поэтому вопросы износа рабочих органов таких машин являются одними из первостепенных.

Основные виды износа – это абразивный (АИ) и окислительный (ОИ). ОИ возникает в результате пульсаций между БС и скользящей

поверхностью и способствует интенсивному образованию окислов. Внешне ОИ проявляется в потемнении поверхности металла из-за покрытия слоем окислов.

Поверхности, контактирующие с БС, изнашиваются относительно равномерно, однако, иногда износ бывает неравномерным. Односторонний износ достигается за счет возникновения собственных (СК) вынужденных (ВК) колебаний (СК) рабочего органа.

Под СК понимаются колебания, возникающие в результате неудачной конструкции автотранспортного средства или неисправности его отдельных компонентов, а под ВК – колебания, возникающие при взаимодействии с сглаживаемой поверхностью. Обычная причина появления СК – стук рабочего органа, произошедший при его деформации или из-за изгиба коленвала рабочего органа. Одновременно, при работе сила нормального давления на шлифуемую поверхность будет больше на одной стороне рабочего тела, которая будет быстрее изнашиваться.

Возникновение ВК объясняется изменением силы или коэффициента трения под рабочим телом. ВК не связаны с СК или действием какой-либо периодической внешней возмущающей силы. ВК возникают при разглаживании неоднородных БС, то есть при разглаживании изделий со значительными неровностями и углублениями. ВК способствуют неравномерному износу поверхности трения рабочего органа и механизмов в целом, что вызывает появление СК системы и приводит к еще более быстрому износу поверхностей рабочего органа.

Стоит заметить, что линейный износ трущейся поверхности пропорционален шлифовальной способности, зависит от материала рабочего тела, времени работы, давления рабочего тела на обрабатываемую поверхность. Таким образом, срок службы рабочего тела любого шпателя можно спрогнозировать в соответствии с требованиями рассматриваемой машины.

Кроме того, более детальные исследования износостойкости рабочих органов позволят установить качественные и количественные критерии равномерного износа и причины неравномерного износа этих рабочих органов.

### **Литература**

1. *Волков Д. П., Крикун В. Я.* Строительные машины и средства малой механизации. – М. : Мастерство, 2014.
2. *Мамаев Л. А., Зайцев А. Н., Кононов А. А.* Вибропроцессы и вибромашины по обработке бетонных поверхностей // Проблемы механики современных машин: материалы междунар. конф. / ВСГТУ. Улан-Удэ, 2000. Т. 2. С. 122–127.
3. *Кононов А. А.* Определение рациональных параметров и режимов работы вибрационного валкового рабочего органа для обработки бетонных поверхностей: диссертация ... кандидата технических наук: 05.05.04. – Братск, 2001. – 195 с.
4. *Райчык Я.* Оптимизация параметров заглаживающих машин для обработки поверхностей отформованных из пластичных смесей в условиях производства в ПНР: дис. ... д-ра техн. наук. Л., 1999. 292 с.



**УДК 621.192**

*Никита Антонович Бархатов,*

студент

*Мария Эльмировна Китаева,*

студент

*Елена Валерьевна Косых,*

студент

*Дмитрий Михайлович Лучков,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

*Nikita Antonovich Barkhatov,*

student

*Maria Elmirovna Kitaeva,*

student

*Elena Valeryevna Kosykh,*

student

*Dmitry Mikhailovich Luchkov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

**НАДЕЖНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ  
И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ  
ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА**

**RELIABILITY, SAFETY AND EFFICIENCY  
OF COMPLEX SYSTEMS OF THE ROAD  
TRANSPORT COMPLEX**

Рассмотрены основные факторы, влияющие на надежность и безопасность сложных систем дорожно-транспортного комплекса. Предлагается оценивать такие системы как совокупность независимых подсистем, отказы и восстановления элементов которых не влияют на другие подсистемы. Обоснована необходимость разработки сложных систем, обеспечивающих возможность функционирования с разной эффективностью.

*Ключевые слова:* строительно-дорожные машины, отказоустойчивость, системы управления, показатели критичности

The main factors affecting the reliability and safety of complex systems of the road transport complex are considered. It is proposed to evaluate such systems as a set of independent subsystems, failures and recovery of elements of which do not affect other subsystems. The necessity of developing complex systems providing the possibility of their functioning with different efficiency is substantiated.

*Keywords:* road construction machines, fault tolerance, control systems, criticality indicators

В будущем около 90 % новшеств в строительно-дорожных машинах (СДМ) и автомобилях будут связаны с ключевой технологией –

электроникой. Можно будет обмениваться информацией в реальном времени, связываться с окружающей средой через Интернет и уметь воспринимать свое окружение через многочисленные датчики. С целью безопасного проведения работ оборудование должно представлять пользователю возможность контроля и оценки режимов эксплуатации за прошедшее время, проведение проверок и вспомогательных операций. Информационные бортовые средства должны обеспечивать регистрацию степени износа деталей, узлов и их остаточный ресурс.

Передовой зарубежный и отечественный опыт показывает, что исключение или снижение негативного влияния роста сложности электронных изделий на их надежность может достигаться путем обеспечения отказоустойчивости, т. е. путем создания аппаратуры, нечувствительной к помехам и устойчивой к отказам и сбоям ее отдельных элементов. Для реализации отказоустойчивости аппаратуры необходимо ввести в нее специальные аппаратно-программные средства.

По итогам анализа функционирования оперативных расчетов систем управления (СУ) определено, что 50–70 % ошибок управления связаны с просчетами в проектных решениях. При этом стоит отметить, что до 70 % от их общего числа – ошибочные решения в своих организационных структурах, а 20–30 % ошибок управления связаны с недоработками в работе алгоритмов. Также 5–15 % ошибок происходят по вине операторов.

Особенность задач проектирования сложных систем (СС) – это их большой размер. Данная характеристика практически полностью исключает возможность исчерпывающего перечисления проектных решений и определяет необходимость поиска путей сокращения анализа альтернатив в задачах проектирования. Для задач проектирования СС характерна высокая размерность вектора конструктивных параметров, сложность самой структуры, а также трудности вычисления критерия сравнительной эффективности из-за решения сложных оптимизационных задач или с проведением трудоемких имитационных экспериментов. Ввиду перечисленного, необходима декомпозиция задачи проектирования СС.

Упорядочение информационных потоков СУ осуществляется на основе рационального агрегирования управленческих процедур

с одновременным их включением в список выполняемых отдельными операторами СУ работ.

Существующие структуры в большинстве своем применяют признак функциональной специализации, включающий в себя оценку взаимных связей задач управления, выделение сильно связанных задач управления, вертикальную структуризацию задач управления, горизонтальную структуризацию задач управления, определение опорного варианта структуры и определение рационального варианта структуры.

Связи между элементами деятельности (управленческими задачами) определяются следующими критериями: время начала и окончания решения проблемы; место решения проблемы; причинно-следственные связи; использование входных и выходных данных; смысловые связи.

Работа в реальном времени предполагает, что продолжительность времени для решения проблемы и скорость обновления информации должны поддерживаться в зависимости от характера работы и текущего состояния отслеживаемых объектов. Учитывая изложенное, процесс обработки информации и прогнозирования внешней атмосферы должны осуществляться значительно быстрее, чем скорость онлайн-процессов. Данное условие требуется в целях получения определенного количества времени на принятие решений и формирование управляющих команд.

В процессе решения функциональных задач, составляющих основу определенной проблемы, существует острая необходимость обмена информационными ресурсами между значительным количеством внешних абонентов. Данная особенность обусловлена иерархической структурой СС, территориальной разнесенностью составных подсистем, наличием большого числа информационных каналов, а также взаимодействием с определенным числом лиц управленческого звена и большими объемами перерабатываемой информации в каждом цикле управления. Эти информационные потоки поступают для обработки как от подчиненных подсистем, так и от подсистем более высокого или равного уровня иерархии.

Последовательность поступления входных заявок заранее не известна, а моменты поступления входной информации случайны. Вследствие этого нельзя заранее определить последовательность решения функцио-

нальных задач. В результате этого допустимое время перерыва в работе системы соизмеримо с длительностью цикла управления.

Уровни временных интервалов зависят от типов систем управления (таблица), которые можно сгруппировать следующим образом [2]:

1. Автоматические системы управления быстропротекающими физическими экспериментами.
2. Бортовые автоматические системы управления.
3. Автоматизированные системы управления движущимися объектами, в том числе и дорожно-транспортного комплекса.
4. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.
5. Автоматизированные системы управления предприятиями, системами электроснабжений, газо- и нефтепроводов.
6. Автоматизированные системы управления отраслью экономики.

#### Временные интервалы для различных типов систем

| Тип системы управления $i$ | Среднее время решения однотипной задачи, с | Длительность цикла управления, с | Допустимое время перерыва в работе, с |
|----------------------------|--|----------------------------------|---------------------------------------|
| 1                          | $10^{-2}$ – $10^{-1}$                      | $10^{-3}$ – $10^{-2}$            | $10^{-2}$ – $10^{-1}$                 |
| 2                          | $10^{-1}$ –1                               | $10^{-2}$ – $10^{-1}$            | $10^{-1}$ –1                          |
| 3                          | 1–10                                       | $10^{-1}$ –1                     | 1–10                                  |
| 4                          | $10^1$ – $10^2$                            | 1–10                             | $10^1$ – $10^2$                       |
| 5                          | $10^3$ – $10^4$                            | $10^2$ – $10^3$                  | $10^2$ – $10^3$                       |
| 6                          | $10^5$ – $10^6$                            | $10^4$ – $10^6$                  | $10^4$ – $10^5$                       |

Разработанные в теории надежности функциональные модели СС зачастую абстрактны, не учитывают наличие последствий отказов и естественного резервирования, физическую осуществимость структурного резервирования, а также не обеспечивают требуемой точности расчетов.

Необходимо отметить, что элементы многофункциональной СС работают неодновременно. В то же время набор одновременно

функционирующих элементов является величиной случайной и в значительной степени зависит от внешних факторов. В подавляющем количестве моделей, реализованных на практике, не учитывается человек как активный элемент информационной системы.

Также во множестве практических случаев расчет надежности СС с помощью точных аналитических методов невозможен из-за ряда особенностей решаемых задач:

- большая размерность систем уравнений;
- сложность структурной схемы (схемы расчета надежности) системы из-за наличия избыточности и восстановления с различной дисциплиной обслуживания;
- субъективность определения понятия «отказ»;
- большие погрешности показателей надежности элементов СС.

Каждый элемент СС может пребывать только в 2-х состояниях: работоспособном и неработоспособном, в связи с чем существующие методы позволяют вычислять показатели надежности технических рассматриваемых СС. Однако, в реальных условиях функционирования технической системы некоторые или все ее элементы могут иметь промежуточные состояния, определяемые условиями эксплуатации системы.

Очень часто при разработке СС не учитывается, что при отказе отдельных составляющих она должна продолжать функционировать, хотя и с меньшей эффективностью. Опыт показывает, что при учете наиболее вероятных отказов, можно разработать структуру системы, отказы в которой будут существенно меньше влиять на эффективность системы.

Ввиду изложенного, при анализе надежности СС повышенное внимание следует уделять вопросам определения слабых звеньев систем, особенно работающих в условиях ограниченных ресурсов (УОР). Так как СС содержат большое количество элементов, в УОР обеспечить повышение надежности путем улучшения качества одновременно всех элементов не представляется возможным. Отказы в работе отдельных компонентов СС могут приводить к разным последствиям, поэтому требуется сосредоточить усилия на совершенствовании критичных элементов и узлов, играющих наиболее важную роль в обеспечении надежности и уменьшении риска.

Свойство критичности элемента отражает возможность возникновения отказа, определяет степень влияния элемента на работоспособность системы в целом и учитывает тяжесть последствий отказа. В инженерной практике системы с различным функциональным назначением, такие как СДМ, энергетические установки, космические системы и т. д., характеризуются набором частных показателей критичности (ПК).

ПК являются:

- возможность отказа;
- тяжесть последствий отказов;
- устойчивость элемента к воздействию внешних неблагоприятных факторов среды;
- моменты возникновения и величина риска вследствие отказа;
- возможность локализации отказа;
- контролируемость состояния элементов в ходе эксплуатации;
- резервирование и др.

Эксплуатации техники оказывает негативное влияние на окружающую среду. В настоящее время вопрос обеспечения экологической безопасности – одна из актуальнейших проблем человечества. Порой потери могут быть столь велики, что возникает сомнение в целесообразности эксплуатации техники из-за низкой ее надежности. Таким образом, цель системного анализа безопасности – выявление причин, влияющих на появление нежелательных событий (аварий, катастроф, пожаров, травм и т. п.).

Отказы и потери – случайные события. Потери напрямую зависят от вида отказа. Отказ двигателя транспортного средства ведет к большим потерям, чем отказ фары. Величина потерь также зависит от условий, в которых возник отказ (отказ двигателя самолета на стоянке и в полете). Риск, возникающий в результате отказов техники – техногенный риск.

При разработке моделей необходимо учитывать их общие особенности: высокий уровень сложности, разнотипность элементной базы, разнообразие условий эксплуатации, ограниченный объем исходных данных, разнообразие видов и источников информации об изменении технического состояния элементов.

Сложность процесса функционирования математической модели (ММ) СС вызывает проблемы при ее построении. В таком случае

оператору необходимо дробить объект, подлежащий моделированию, на какое-то конечное число подсистем. При проведении подобных действий важно сохранить связи между подсистемами и вести учет взаимодействия подсистем [4].

Важный критерий непосредственного математического описания при построении ММ СС – простота и удобство подсистем. Такие подсистемы, которые не подлежат дальнейшему разделению, называются элементами СС.

В ряде случаев, когда подсистемы СС функционируют независимо друг от друга, общую модель можно редуцировать на совокупность более простых моделей [5]. При этом вначале необходимо получить результаты по этим моделям и использовать их для определения показателей всей системы.

С учетом вышеизложенного можно сделать вывод, что в общем случае СС это многоступенчатая конструкция взаимосвязанных элементов, соединяющих в себе подсистемы нескольких различных ступеней (уровней). ММ сложной системы состоит из ММ элементов и ММ взаимодействия между элементами.

### **Литература**

1. Технология синтеза организационных структур сложных систем управления / Багрецов С. А., Везиров В. Н., Львов В. М. и др. – М. : ГУП ВНИИМИ, 1998. – 224 с.
2. Активная защита от отказов управляющих модульных вычислительных систем / Шубинский И. Б., Николаев В. И., Колганов С. К. и др. – СПб. : Наука, 1993. – 284 с.
3. *Половко А. М., Гуров С. В.* Основы теории надежности. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.
4. *Бусленко Н. П.* Моделирование сложных систем. – М. : Гл. ред. физ.-мат.лит., 1978. – 400 с.
5. *Горшков В. Н.* Надежность оперативных запоминающих устройств ЭВМ. – Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. отделение. 1987. – 168 с.

**УДК 387**

*Иван Афанасьевич Башарин,*

студент

*Егор Михайлович Лазарев,*

студент

*Сергей Николаевич Марков,*

студент

*Михаил Сергеевич Присяжнюк,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: easypointsniper@icloud.com*

*Ivan Afanasevich Basharin,*

student

*Egor Mikhailovich Lazarev,*

student

*Sergey Nikolaevich Markov,*

student

*Mikhail Sergeyevich Prisyazhnyuk,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: easypointsniper@icloud.com*

## **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ БАШЕННОГО КРАНА**

### **IMPROVING THE SAFETY OF THE TOWER CRANE**

Проведен анализ аварийных ситуаций с башенными кранами, исследован башенный кран КБ-403Б, произведен статический расчет портала крана КБ-403Б в программе AWP Structure3D. Данная программа основана на методе перемещений, целью которого является определение неизвестных перемещений узлов конструкции. Также была рассмотрена карта перемещений и деформаций. При эксплуатации башенных кранов главным критерием является обеспечение безопасности за счет сохранения их устойчивости при неблагоприятных внешних воздействиях. Среди всех нагрузок, которые действуют на башенный кран, преобладающей является ветровая нагрузка. Модернизация башенных кранов актуальна по сей день в связи с большим количеством аварий.

*Ключевые слова:* башенные краны, аварийность, устойчивость, прочность, безопасность, человеческий фактор.

An analysis of emergency situations with tower cranes was carried out, a KB-403B tower crane was investigated, a static calculation of the KB-403B crane portal was performed in the AWP Structure3D program, based on the matrix method of displacements, the purpose of which is to determine the unknown displacements of structural units, as well as the map of displacements and deformations is considered. When operating tower cranes, the main criterion is to ensure safety by maintaining their stability under adverse external influences. Among the loads acting



on tower cranes, the prevailing one is wind load. Modernization of tower cranes is still relevant today due to the large number of accidents.

*Keywords:* tower cranes, accident rate, stability, hardness, safety, human factor.

Подъемные конструкции становятся частью технологического оснащения и значительно влияют на технические и экономические характеристики производства. При этом наблюдается рост числа аварий и несчастных случаев, связанных с работой грузоподъемных механизмов. Этот факт определяет актуальность этой научной статьи.

Обеспечение безопасности благодаря сохранению устойчивости к неблагоприятным внешним воздействиям – ключевой аспект в эксплуатации башенного крана. Основные причины падения башенного крана – нарушения требований изготовлению основных элементов и металлических конструкций, некачественные монтажные и демонтажные работы, нарушение монтажных и демонтажных работ башенного крана, низкая организация работ, нарушения правил безопасности и требований эксплуатации, отсутствие или поврежденное оборудование и приборы безопасности, влияние сильных порывов ветра. Обрушение башенного крана является результатом действия целого комплекса неблагоприятных воздействий. Среди нагрузок, действующих на башенный кран, преобладает ветровая нагрузка.

В данной части будет исследован башенный кран КБ-403Б, изготовленный Запорожским экспериментальным заводом в 1993 году и находящийся в г. Симферополь, Республика Крым. Всего было выявлено 59 дефектов башенного крана, из которых мы рассмотрели лишь часть. Самыми опасными из дефектов являются:

1. Колесо (ближнее к тупиковому упору) стоит с перекосом по вертикали на 25–30 мм.

2. Отсутствуют клиновые противоугонные захваты.

3. Плиты противовеса уложены со смещением к башне, без прокладок. При повороте крана наблюдается покачивание плит. Стреловой канат трется о край плиты.

4. Ослаблены крепежные болты по секциям башни.

5. В электрошите, на токоподводящей проводке имеются скрутки, отсутствует маркировка, оплавление проводки, требуется замена по износу 30–40 % пускателей и контакторов.

6. Не зафиксирован один электроцит, при повороте раскачивается (создается опасность обломов токоподводящей продукции, короткого замыкания).

7. Уменьшение диаметра грузового каната более 7 %, единичные обрывы проволок (допуск 7 %).

8. Замена вантового и стрелового канатов проводилась в 1993 году (требуется замена не реже одного раза в 5 лет).

9. Отсутствуют перемычки на стыках рельс, зазоры в стыках превышают 10–15 мм (допуск 6 мм).

10. Не работает ОГП.

11. Не работает концевой выключатель высоты подъема грузозахватного органа.

12. Отсутствует анемометр.

Также был произведен статистический расчет, цель которого – определение неизвестного перемещения узлов конструкций. Основное уравнение решения данной задачи является уравнение равновесия, которое записывается как:

$$Kx = F, \quad (1)$$

где  $K$  – матрица жесткости системы;  $x$  – вектор неизвестных узловых перемещений.

В результате статического расчета конструкции портала башенного крана КБ-403Б были получены значения: линейных и угловых перемещений, на которые сместились узлы конструкции; нагрузок на концах стержней, в узлах пластин и в узлах объемных элементов; напряжений, действующих в стержнях, пластинах и объемных элементах. Также были найдены: распределение напряжений в произвольном сечении стержня; эпюры силовых факторов для всей конструкции; реакции (силы и моменты), действующие в опорах конструкции; масса всей конструкции.

Просмотр карты напряжений и деформаций. Все перемещения конструкции изображены на карте перемещений и окрашены разными цветами, в зависимости от возникающих перемещений. В левой части изображения рассчитанной части башни расположена цветовая шкала, которая позволяет определить величину перемещения стержней.

В рассчитываемом портале крана КБ-403Б максимальное перемещение стержня равно 5.688 мм. На рис. 1 изображена карта перемещений портала крана КБ-403Б.

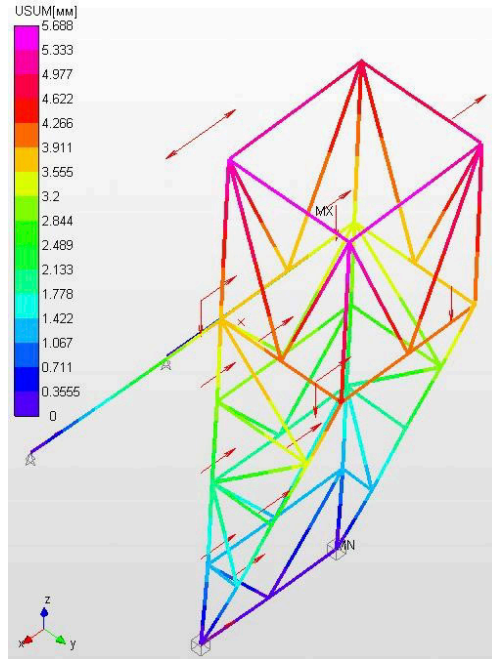


Рис. 1. Карта перемещений секции башни крана КБ-403Б

В рассчитываемой секции башни максимальное напряжение в стержне равно 51,44 МПа. Для материала Ст2сп предел прочности равен 144 Мпа.

Под действием силы:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma], \quad (2)$$

где  $\sigma_{\max}$  – максимальное напряжение, Н/м<sup>2</sup>;  $[\sigma]$  – допускаемое напряжение для конкретного материала, Н/м<sup>2</sup>.

$51,44 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2 \leq [144 \cdot 10^8] \text{ Н/м}^2$  – условие выполняется.

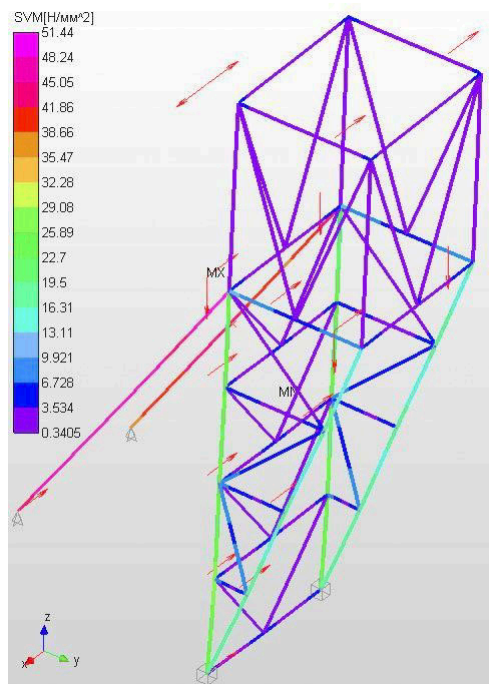


Рис. 2. Карта напряжений, возникающих в стержнях секции башни крана КБ-403Б

Большое количество техники, отработавшей свой расчетный ресурс, ведет к повышению уровня аварийности и травматизма при эксплуатации грузоподъемных машин.

Проведенный анализ свидетельствует о том, что своевременная замена устаревшего технического оборудования и средств контроля безопасности на более новые совершенные средства, соответствующие требованиям промышленной безопасности, позволит повысить уровень технической безопасности в целом. Также необходимо качественно управлять специалистами, работающими с грузоподъемными механизмами: повышать их уровень подготовки и переподготовки, а также тщательно контролировать исполнение техники безопасности на каждом рабочем месте.

В составе конструкторской части этой работы рассматривались различные недостатки крана, выполнены статические расчеты порталов крана КВ-403Б в программе Structure 3D. АРМ Structure 3D позволяет определить распределение линейных и угловых перемещений, деформаций по элементам конструкции, карты распределения и эпюры внутренних усилий; реакции в опорах и суммарные реакции. Также была осуществлена проверка портала на прочность из стали Ст2сп.

Таким образом, развитие вопроса о повышении безопасности башенных кранов все еще остается открытым. Практика свидетельствует о том, что многие владельцы грузоподъемных машин не регулярно проверяют свое рабочее оборудование. Российское законодательство не предусматривает карательных мер за нарушение нормативно правовых актов. Чтобы повысить уровень безопасности, необходимо не просто вовремя сменить устаревший технический аппарат и средства управления и контроля на новые, но и повысить уровень квалификации и подготовки работников грузоподъемных механизмов.

### Литература

1. Проектирование установки монтажных кранов на строительной площадке: учеб.-метод. пособие / С. В. Калошина, А. Б. Пономарев, А. В. Захаров, Д. Г. Золотозубов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – 114 с.
2. Синельщиков А. В. Развитие методов расчета устойчивости башенных кранов / А. В. Синельщиков, А. И. Джалмухамбетов // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12. – № 12(111). – С. 1342–1351. – DOI 10.22227/1997-0935.2017.12.1342-1351.
3. Изотов В. С., Имайкин Д. Г. Строительные машины. Часть 2. Строительные краны. Учебное пособие. Казань. КГАСУ, 2011. – 104 с.
4. Станки Эксперт [Электронный ресурс]. URL: <https://stankiexpert.ru/spravochnik/gruzopodemnoe-oborudovanie/bashennyj-kran.html>

**УДК 621.002**

*Яна Александровна Белоусова,*

студент

*Илья Сергеевич Буканов,*

студент

*Александр Юрьевич Зыбин,*

студент

*Игорь Вячеславович Сукчев,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

*Yana Aleksandrovna Belousova,*

student

*Ilya Sergeevich Bukanov,*

student

*Aleksandr Yurevich Zybin,*

student

*Igor Vyacheslavovich Sukchev,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

**ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ  
НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАШИН  
ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ**

**EXPLOITATION FACTORS AND THEIR INFLUENCE  
ON THE TECHNICAL CONDITION  
OF ROAD MAINTENANCE MACHINES**

В статье рассмотрены следующие факторы эксплуатации: техническое состояние машины, срок службы (возраст) машины, время года эксплуатации машин, количество проведенных технических обслуживаний и ремонтов, качество выполнения мероприятий по поддержанию технически исправного состояния машин, агрессивность среды. Система плано-предупредительного ремонта далека от совершенства, взамен нее предлагается методика, позволяющая определять техническое состояние коммунальных машин для содержания дорог, рассчитывать периодичность технических обслуживаний и плановых ремонтов с учетом сезона эксплуатации в зависимости от «возраста», количества проведенных обслуживаний и качества выполнения технических обслуживаний и ремонтов, что дает возможность новым машинам достичь приработки всех механизмов и агрегатов рабочего оборудования, а также самой базы (шасси автомобиля) за более короткое время, а для машин со средним и выше среднего сроком службы стабилизировать техническое состояние за счет уменьшения количества отказов и их предупреждения с помощью диагностики. При этом учитываются индивидуальные условия эксплуатации машин.

*Ключевые слова:* техническое состояние, техническое обслуживание, эксплуатация, факторы эксплуатации, плано-предупредительный ремонт.

The article discusses the following exploitation factors: the technical condition of the machine, the service life (age) of the machine, the time of the year of exploitation of the machines, the number of maintenance and repairs carried out, the quality of measures taken to maintain the technical condition of the machines, the aggressiveness of the environment. The system of preventive maintenance is far from perfect; instead, a methodology is proposed that allows you to determine the technical condition of communal vehicles for road maintenance, calculate the frequency of maintenance and scheduled repairs, taking into account the exploitation season, depending on the “age”, the number of services performed and the quality of maintenance and repairs, which makes it possible for new machines to achieve running-in of all mechanisms and assemblies of working equipment, as well as the base itself (car chassis) in a shorter time, and for machines with an average and above average service life to stabilize the technical condition by reducing the number of failures and their diagnostics warnings. This takes into account the individual exploitation conditions of the machines.

*Keywords:* technical condition, maintenance, exploitation, exploitation factors, scheduled preventive maintenance.

Когда идет речь о качестве содержания дорог, то часто это определяется соответствием основных показателей таких как запыленность придорожного слоя, скользкость покрытия, толщина и неровность слоя снега и т. д. предъявляемым ГОСТ Р50597-93 требованиям и, к сожалению, не всегда учитывается техническое состояние машин, которыми осуществляется содержание дорог, полагая при этом, что коммунальные машины находятся в технически исправном состоянии, хотя в действительности машины работоспособны, но технически исправны не всегда.

Качественное содержание дорог не может быть достигнуто без технически исправного состояния машин, так как, если в качестве примера рассмотреть пескорасбрасывающее устройство с мотором с низким КПД, то скорость вращения пескорасбрасывающего диска в этом случае не будет соответствовать нормативному значению, и плотность песчано-соляной смеси и радиус ее распространения будет недостаточным, а это не лучшим образом будет способствовать безопасности дорожного движения.

Если также в качестве примера рассмотреть щетку с изношенной рабочей поверхностью, или ее местным отсутствием, то о качестве содержания дороги вообще говорить не приходится, так как при

этом поверхность дороги становится ребристой и неровной, что резко повышает аварийную ситуацию на дороге.

В настоящее время при активной конструкторской работе над созданием новых образцов коммунальных машин для содержания дорог, недостаточное внимание уделяется работе по поддержанию в работоспособном и в то же время технически исправном состоянии коммунальных машин в частности в зависимости от важных факторов эксплуатации таких как (срок службы – «возраст», время года эксплуатации машин, количество проведенных технических обслуживаний и ремонтов, качество выполнения мероприятий по поддержанию технически исправного состояния машин и т. д.)

В зависимости от категории дорог и их значения предъявляются различные требования к качеству содержания дорог, при этом часто не учитывается «возраст» машин, но это ни в коем случае не значит, что если машина имеет большой «возраст», то ее показатели технического состояния (количество unplanned ремонтов, удельный вес unplanned ремонтов от их общего количества, продолжительность простоя в ремонте, продолжительность простоя в unplanned ремонте и т. д.) находятся на низком уровне и с точки зрения эксплуатации машин ее нельзя использовать на дорогах высшей категории.

В этом случае нужно уметь определять техническое состояние машин (показатели технического состояния машин) любого возраста и в зависимости от этого принимать решение, где эксплуатировать такую машину. Отсутствие единого подхода к данной проблеме тормозит развитие предприятий, эксплуатирующих коммунальные машины, так как при этом не все предприятия способны самостоятельно решать подобные задачи при низкой обновляемости парка.

Решение указанных проблем актуально для всех организаций, занимающихся содержанием автомобильных дорог. Принятая у нас в стране система планово-предупредительного ремонта не обеспечивает бесперебойную работу техники на объектах. Из-за необходимости постановки коммунальных машин для содержания дорог на техническое обслуживание и большого количества внезапных отказов систематически возникают сбои в производственном процессе.

Исследования, проведенные в СПбГАСУ, СПбГТУ, МАДИ-ТУ, МГСУ, показали, что при существующей организации системы



планово-предупредительного ремонта не может быть устранено до 40 % аварийных ремонтов от общего их количества. Своевременное, полное и качественное выполнение технических обслуживаний и неплановых ремонтов, а также максимальное снижение количества последних в значительной мере зависят от правильного выбора организации технического обслуживания и ремонтов.

Разработка и внедрение систем организации технических обслуживаний и ремонтов коммунальных машин для содержания дорог связаны с большими затратами средств и времени. Решение этих вопросов затрудняется недостаточной изученностью механизма возникновения аварийных отказов, а также отсутствием достаточного количества экспериментальных данных по коммунальным машинам для содержания дорог, учитывающих важные факторы эксплуатации («возраст» – срок службы, количество проведенных технических обслуживаний, сезонные изменения, качество технических обслуживаний и ремонта).

В настоящее время существует методика, позволяющая определять техническое состояние (параметры технического состояния) коммунальных машин для содержания дорог, рассчитывать периодичность технических обслуживаний и плановых ремонтов с учетом сезона эксплуатации (зима-лето) в зависимости от «возраста», количества проведенных обслуживаний и качества выполнения технических обслуживаний и ремонтов, что дает (при выполнении с предложенной периодичностью мероприятий по техническому обслуживанию и плановым ремонтам) возможность новым машинам достичь приработки всех механизмов и агрегатов рабочего оборудования, а также самой базы (шасси автомобиля) за более короткое время, а для машин со средним и выше среднего сроком службы стабилизировать техническое состояние за счет уменьшения количества отказов и их предупреждения с помощью диагностики. При этом учитываются индивидуальные условия эксплуатации машин (условия региона работы).

Кроме этого, хотелось бы отметить, что слабо развит вопрос об эксплуатации машин для содержания дорог с истекшим сроком службы, когда отдельные элементы рабочего оборудования и его привода, а в некоторых случаях и шасси базового автомобиля (быстрая коррозия рам автомобилей вследствие агрессивности среды при эксплуатации машин – песчано-соляная смесь) исчерпали свой ресурс.

На наш взгляд, это направление имеет большое научное и практическое значение, так как в парках эксплуатируется достаточное количество машин с истекшим или подходящего к этому сроком службы, а определить границу, после которой эксплуатация по прямому назначению машины не целесообразна, будет решением огромной проблемы, так как такая машина может выполнять массу другой полезной вспомогательной работы, а также возможно переоборудование такой машины по другому профилю без большого вложения средств производства, но только в том случае, когда эта граница будет определена.

Методика, о которой шла речь, может быть применена и для других типов машин, например, для дорожного ремонта и строительства, что является актуальным при содержании и строительстве дорог Санкт-Петербурга.

#### Литература

1. *Цупилов С. Г.* Машины для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог / С. Г. Цупилов, Н. С. Казачек. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. – 184 с.

2. *Бургонутдинов А. М.* Машины для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог: учебное пособие / А. М. Бургонутдинов, Б. С. Юшков, В. С. Юшков. – Пермь: ПНИПУ, [б. г.]. – Часть 5: Лесовозные дороги, машины и оборудование – 2013. – 114 с.

3. *Асриян С. А.* Эксплуатационные факторы, влияющие на коррозионные процессы ТТМ (транспортно-технологические машины) / С. А. Асриян, К. Н. Горянский // Инновационная наука. – 2015. – Т. 2. – № 5(5). – С. 15–17.

4. *Шаршембиев Ж. С.* Анализ природно-климатических факторов, влияющих на показатели эксплуатационных свойств колесных машин в горных условиях / Ж. С. Шаршембиев // Известия ВУЗов (Кыргызстан). – 2011. – № 7. – С. 17–20.

5. *Евтюков С. А.* Прогнозирование изменения технико-эксплуатационных показателей подсистемы автомобильных дорог в системе ВАДС: монография / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – Санкт-Петербург, 2017.

6. *Грушецкий С. М.* Перспективы развития системы ТО и ремонта транспортно-технологических машин СПбГАСУ / С. М. Грушецкий // Материалы VI Межд. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2004. – С. 385–387.

7. *Грушецкий С. М.* Влияние системы эксплуатации транспортно-технологических машин на качество выполняемых работ на объектах / С. М. Грушецкий // Доклады 64-й науч. конф. профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2007. – Ч. 2. – С. 148–152.

**УДК 691.328**

*Виктория Владимировна Блоцкая,*

студент

*Мария Михайловна Воробьева,*

студент

*Сергей Андреевич Журавлев,*

студент

*Александр Иванович Изюмов,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

*Viktoriya Vladimirovna Blockaya,*

student

*Mariya Mihajlovna Vorobeva,*

student

*Sergej Andreevich Zhuravlev,*

student

*Aleksandr Ivanovich Izyumov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ  
ПРИ ВИБРОРЕЗКЕ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ**

**ANALYSIS OF PROCESSES OCCURRING DURING  
VIBRATION CUTTING OF REINFORCEMENT RODS**

В статье описаны и рассмотрены основные процессы, происходящие при виброрезке арматурных стержней (АС). Резка АС сопровождается сложным изменением характера деформирования металла в зоне среза. Имеют место один или несколько видов пластической деформации (ПД) в зависимости от свойств металла, схемы действующих сил и условий деформирования. Теория дислокаций, в основе которой лежит несовершенство реальных кристаллов, является наиболее полным описанием ПД. Наличие дислокаций в кристаллах подтверждается эмпирическими методами.

*Ключевые слова:* виброрезка, арматурные стержни, теория дислокаций, пластическая деформация, кристаллическая решетка.

The article describes and discusses the main processes occurring during vibration cutting of reinforcing bars (AS). Cutting AS is accompanied by a complex change in the nature of metal deformation in the shear zone. One or several types of plastic deformation (PD) take place, depending on the properties of the metal, the scheme of the acting forces and the conditions of deformation. The dislocation theory, which is based on the imperfection of real crystals, is the most complete description of DP. The presence of dislocations in crystals is confirmed by empirical methods.

*Keywords:* vibration cutting, reinforcing bars, dislocation theory, plastic deformation, crystal lattice.

Резка арматурной стали (АСт) является основой трудозатратного производства арматурных изделий в целом. Так, резка 20 мм профиля требует выполнения 120–200 резов специальным инструментом, 30 мм – 500–700 резов, 40 мм – более 3000 резов.

75 % от производства всех арматурных стержней (АС) обрабатываются с помощью отрезного оборудования, 17–20 % – с применением правильно-отрезных станков.

Значительная часть станков для резки АСт выполняет работу по принципу «ножниц» или «кусачек». В конструкции «ножниц» имеются параллельные или вращающиеся ножи, осуществляющие движение в соответствии с траекторией режущей кромки.

Резка неподвижных деталей производится при помощи параллельных ножей. Исключение из правила – режущие механизмы, использующие специальные тележки возвратно-поступательного движения.

При резке АС различают до 11 видов пластических деформаций (ПД), объединенных в 3 группы:

- 1) сдвиговые внутрикристаллитные процессы: нормальный сдвиг, двойникование, изгиб и пластинкование;
- 2) диффузионные процессы (ДП): самодиффузия, растворо-осадительный, дислокационно-диффузионный (из-за быстроты процесса резки ДП при резке холодной стали не оказывают сильного влияния);
- 3) межкуристаллитные пограничные процессы: относительное перемещение зерен, относительное перемещение блоков, полигонизация и рекристаллизация [8].

Особенностью кристаллографического предела текучести является значительное превышение его значения, полученного на основе электростатической теории кристаллической решетки (КР), чем имеющегося фактически. Объяснение тому – несовершенство КР и наличие различных включений [1].

Теория дислокаций, в основе которой лежит несовершенство реальных кристаллов является наиболее полным описанием ПД. Эмпирическим путем (наблюдениями и экспериментальными данными) обнаруживается и подтверждается наличие дислокаций (Д) (результат неполной ПД [2]) в кристаллах. Существует 2 основных типа Д (рис. 1) [2].



Рис. 1. Типы дислокаций

Наличие Д в металле вызывает снижение прочностных свойств материала в несколько десятков раз по сравнению с теоретической прочностью. Данное явление происходит ввиду их «эстафетного» переноса и приводит к обеспечению пластичности материала и невозможности одновременного нарушения межатомных связей сечения.

Все изученные и наблюдаемые типы ПД объясняет теория дислокаций. Для любой ПД смещение, образование и исчезновение Д происходят как в самих зернах, так и между нишами. В связи с чем вводится понятие деформационное упрочнение – увеличение количества Д. Наблюдается зависимость ПД от условий деформации, свойств и состояния материала. Значительное большинство видов ПД имеют полигонизацию [3].

Во всех случаях сдвига сталей наблюдается 3 стадии скольжения, зависящие от КР (рис. 2).

Рассматриваемые выше явления также могут происходить в межкристаллитном веществе, которое также имеет кристаллическую структуру.

В зависимости от угла и направления приложения нагрузки, условий Д, а также при разном сочетании процессов ПД, для одного и того же металла наблюдаются разные силы, энергия разное и реологическое поведение.

АСт в холодном состоянии можно отнести к группе упруго-хрупких тел. В зависимости от химического состава, структуры, механических свойств, а также условий нагружения, сочетание реологических свойств холодной АСт изменяется [5].

На реологические характеристики металла и характер ПД влияют свойства разрезаемого материала, его геометрические размеры, характер и направление приложения сил, скорость и температура резания, окружающая среда. В зависимости от характера Д для одно-

го и того же материала могут наблюдаться разные значения описанных выше параметров.



Рис. 2. Стадии скольжения

Механическая схема приложения нагрузки при резке арматуры определяется типом ножей, их параметрами и наличием или отсутствием упора.

При резке АС одинаковой пластичности и реологических свойств большие усилия ножа возникают при резке более твердой АСт.

Глубина ножей увеличивается с ростом пластичности реза АСт. Повышение пластичности увеличивает изгибающий момент, что, в свою очередь, повышает силу контактного трения и модифицирует характер упрочнения, зависящий в первую очередь от химического состава и структуры разрезаемого металла [6]. Сила резания, приведенная к единице площади сечения АС, уменьшается при уменьшении относительной поверхности, которая, в свою очередь, уменьшается при увеличении поперечного сечения. Пластичность уменьшается с увеличением диаметра. При условии, что преобладает влияние структурных факторов – в процессе увеличения диаметра уменьшается пластичность, и наоборот – если преобладает влияние поверхностных факторов.

Важно влияние профиля – периодический профиль дает немного большую площадь поверхности по сравнению с гладкой АСт.

При изменении геометрии, бокового зазора, степени затупления ножей, формы режущей кромки, а также величины зажимного усилия, происходит изменение схемы действующих сил в зоне сдвига при резке АС параллельными ножами.

Определено, что упрочнение АСт при холодных процессах зависит только от степени Д и практически не зависит от скорости Д. При высоких скоростях резания ПД не успевает пройти и интенсивность упрочнения увеличивается, в связи с чем обрезанный АС становится более хрупким.

Увеличение силы резания происходит за счет закалки и увеличения площади отрыва. При дальнейшем увеличении скорости Д рост интенсивности упрочнения может прекратиться или даже уменьшиться из-за причин, указанных в таблице.

### Причины уменьшения роста интенсивности упрочнения

| Уменьшение роста интенсивности упрочнения  |   |
|--|---|
| При высоких скоростях Д не успевает произойти «схватывание» атомов смещенных слоев | При высоких скоростях Д нет времени для отвода тепла от плоскостей скольжения, в которых увеличивается количество тепловых флуктуаций, сосредоточенных на Д |

Отличительные особенности процесса деформирования при вибрационном нагружении показаны на рис. 3.

Добавление статического напряжения к амплитуде переменного напряжения в определенной части цикла делает суммарное напряжение достаточным для преодоления Д потенциальных барьеров и, соответственно, для начала более раннего пластического течения. Кроме того, возбуждение колебаний может усилить движение Д и тем самым облегчить процесс ПД.

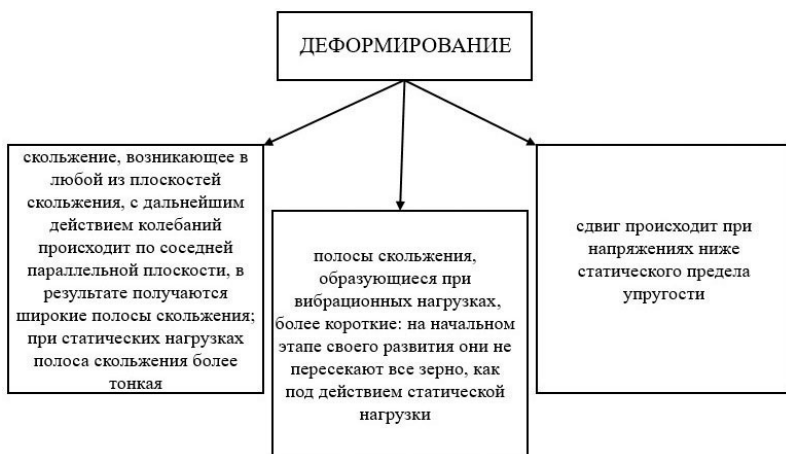


Рис. 3. Отличительные особенности процесса деформирования при вибрационном нагружении

Увеличению долговечности ножей может способствовать одновременное воздействие статической нагрузки и вибрации, снижению – наличие симметричного колебательного цикла, который накладывается на статическую нагрузку и приводит к воздействию поля напряжений от циклической нагрузки и статической нагрузки с остаточными напряжениями.

В предварительных экспериментах по вибрационному резанию на микрошлифах наблюдалась локализация зоны сдвига, когда существовала узкая зона деформации, напоминающая «турбулентное течение». Существуют предположения, что это связано с влиянием концентрации тепловых флуктуаций, особенно в зонах Д, приобретающих высокую подвижность.

Данное поведение металла в зоне реза можно объяснить явлением резонанса, но только атомы кристаллической решетки с частотой собственных колебаний 1012–1013 Гц могут входить в резонанс с вынужденными колебаниями в металле, что, казалось бы, полностью исключает возможность резонанса [7].



### Литература

1. *Волков С. А.* Влияние скорости резания и вибрации на величину усилий в зоне среза // Строительные и дорожные машины: Докл. к XXIV науч. конф. ЛИСИ. – Л., 1966. – С. 34–36.
2. *Волков С. А., Михайлов Б. К., Евтюков С. А.* Определение усилий на ножах при резке металлических стержней круглого сечения // Изв. вузов. Строит. и архит. – 1985. – № 7. – С. 110–113.
3. *Волков С. А.* Влияние динамических нагрузок на прочность и реологическое поведение твердых тел (о механизмах самоорганизации структур дефектов кристаллической решетки в зонах деформаций) // Синергетика и методы науки. – СПб. : Наука, 1998. – С. 131–155.
4. *Волков С. А.* Физические основы рабочих процессов машин для изготовления арматуры железобетонных конструкций // С.-Петербург. гос. архит.-строит. ун-т. – СПб., 2001. – 125 с.
5. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Теоретическая физика. В 10 т. Т. 7. Теория упругости: учеб. пособие. – 4-е изд., испр. и доп. – М. : Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1987. – 248 с.
6. *Трофимов Б. Я.* Технология сборных железобетонных изделий // Учебное пособие для СПО – 2021. – 384 с.
7. *Кунабэ Д.* Вибрационное резание : пер. с японского – М. : Машиностроение, 1985. – 424 с.
8. *Евтюков С. А.* Пути и методы повышения эффективности технологий арматурных работ в строительстве: диссертация ... доктора технических наук: 05.23.08. – Санкт-Петербург, 1999. – 433 с.

**УДК 681.518.22:624.138.22**

*Алексей Николаевич Гаращук,*

студент

*Виктор Михайлович Меркурьев,*

студент

*Андрей Александрович Смирнов,*

студент

*Александр Юрьевич Шкуратов,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: alekseygarascuk@gmail.com*

*Aleksei Nikolaevich Garaschuk,*

student

*Viktor Mikhailovich Merkuriev,*

student

*Andrey Alexandrovich Smirnov,*

student

*Alexander Yuryevich Shkuratov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: alekseygarascuk@gmail.com*

## **СОВРЕМЕННАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ МАШИН ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

### **MODERN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR SURFACE COMPACTION MACHINES**

В статье приведен обзор устройства вибрационных систем, систем непрерывного контроля уплотнения грунта (УГ), применяемых в настоящее время. Рассмотрены различные показатели УГ. Раскрыты основные понятия качества уплотняемой поверхности. Уделено внимание положительным и отрицательным сторонам использования катков с разными способами уплотнения поверхности, а также устройству различных, применяемых в настоящее время, вибрационных систем. Приведены результаты испытаний уплотнения дорожного покрытия в реальных условиях. Проведено сравнение качества уплотнения дорожного покрытия катками с осцилляцией и катками с высокочастотной вибрацией низкой амплитуды.

*Ключевые слова:* грунт, осцилляция, вибрация, каток, уплотнение, контроль.

The article provides an overview of the device of vibration systems, systems for continuous monitoring of soil compaction, currently used. Various indicators of soil compaction are considered. The basic concepts of the quality of the compacted surface are revealed. Attention is paid to the positive and negative aspects of using rollers with different ways of compacting the surface, as well as the device of various vibration systems currently used. The results of road surface compaction tests in real conditions are presented. The quality of road surface compaction is compared with rollers with oscillation and rollers with high-frequency vibration of low amplitude.

*Keywords:* ground, oscillation, vibration, roller, compaction, control.

Ежедневно мы сталкиваемся с автоматизированными системами управления (АСУ), например, АСУДД (управление дорожным движением), банковские услуги, телефонная связь и др. Предприятия различных областей производств стараются максимально внедрить в цикл производства АСУ.

В дорожном строительстве уплотнение – одна из ключевых технологических операций по влиянию на эффективность вкладываемых средств, качество, надежность и долговечность общего результата работ. Однако, выборочный контроль качества уплотнения материала, осуществляемый чаще всего путем применения традиционных методов в соответствии со СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги», позволяет оценивать порядка 0,021 % от общей площади уплотнения. К тому же, метод отбора проб уплотненного материала сопряжен с необходимостью разрушения дорожного покрытия, а в некоторых случаях, например, на покрытиях автомобильных мостов и эстакад, такой отбор проб может привести и к нарушению прочности несущих конструкций. Ввиду изложенного возникает новая задача: непрерывный и неразрушающий контроль качества уплотнения материала и автоматическое управление этим процессом [1].

Далее необходимо выбрать критерий качества уплотнения (КУ). Обычно в нормативно-технической документации (НТД) заданное КУ выражается в величине плотности. В то же время АСУ непрерывного контроля плотности в качестве параметра непригодны, ввиду невозможности непрерывного измерения электронными методами. На основе полученных исследовательским путем результатов разработчики катков стали использовать различные косвенные показатели степени уплотнения грунта (УГ) для своих АСУ. Наибольшее распространение получили CMV (Compaction Meter Value) и RMV (Resonance Meter Value) [1].

CMV измеряет несущую способность материала, его способность сопротивляться деформации под действием нагрузки (жесткость, прочность материала). В противоположном случае, плотность – это мера пористости грунта. Существует мнение, что между жесткостью и плотностью присутствует прямое соотношение, где измерение жесткости позволяет оценивать плотность материала прямо в процессе уплотнения. С другой стороны – жесткость материала лучше характеризует качество уплотнения, чем плотность.

RMV резонансный показатель уплотнения (Resonance Meter Value) определяется по степени повторного отскока от УГ, т. к. чем больше грунт уплотняется, тем больше вибрирующий каток (ВБК) начинает повторно отскакивать от поверхности после удара. Чем больше повторный отскок вальца, тем меньше точность измерений величины CMV. Контролируя величину RMV, оператор может оценить точность показаний CMV.

Для осцилляторных катков (ОсК) применяются системы непрерывного контроля УГ на основе показателя OMV (OscilloMeter Value), являющегося аналогом CMV. OMV анализирует горизонтальное ускорение оси вибровальца. Алгоритм расчета OMV изменяется в зависимости от наличия проскальзывания между вибровальцом и грунтом.

Имеют место и иные показатели УГ для характеристики степени плотности поверхности. Данные показатели приведены в таблице.

#### Показатели уплотнения и характеристики степени плотности

| Производитель | Система непрерывного контроля     | Показатель уплотненности | Автоматическое управление вибрацией | GPS |
|---------------|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----|
| AMMANN/Case   | ACE (Ammann Compaction Expert)    | ks                       | +                                   | +   |
| Bomag         | Terrameter                        | Omega                    | –                                   | –   |
|               | VarioControl                      | Evib                     | + (VarioControl)                    | +   |
| Caterpillar   | AccuGrade Compaction              | CMV, RMV, MDP            | –                                   | +   |
| Atlas Copco   | DCA (Dynapec Compaction Analyzer) | CMV, RMV                 | + (Dynapec Compaction Optimizator)  | +   |
| Hamm Wirtgen  | HCQ (Hamm Compaction Quality)     | HMV (аналог CMV)         | –                                   | +   |
| Sakai         | Sakai                             | CCV                      | –                                   | +   |
| Volvo CE      | CompAnalyzer, CompGauge           | CMV, RMV                 | –                                   | +   |
|               | Density Direct                    | н. д.                    | +                                   | +   |

Некоторые АСУ непрерывного контроля совместимы с системами позиционирования на базе электронных тахеометров. Указанная особенность позволяет использовать машины в местах, где не проходят сигналы от навигационных спутников (высотная городская застройка).

Для уплотнения поверхности используются ВБК и ОсК. Применение ОсК почти в 10 раз сокращает колебательные нагрузки на уплотняемую поверхность в части рассмотрения стандартной вибрации (рис. 1). Разница по сравнению с высокочастотной вибрацией ничтожно мала.

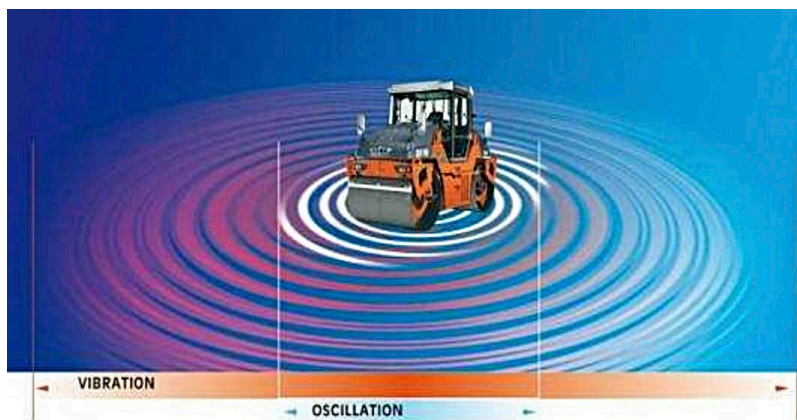


Рис. 1. Каток с осцилляцией

Применение осцилляции позволяет расширять температурный диапазон и обеспечивать высокую гибкость производства строительных работ. Использование осцилляции не разрушает связи между частицами в асфальтовой смеси даже в случае уплотнения слишком холодной смеси. Необходимо добавить, что в данном случае увеличение степени уплотнения будет ограничено и весьма мало, учитывая то, что на остывшем асфальте необходимо отключить вибрацию на заднем вальце и использовать только один валец с осцилляцией. Принцип уплотнения в этом случае такой же, как и у статического катка.

На диаграмме, показанной на рис. 2, осцилляция (красная линия) сравнивается со стандартной вибрацией (синяя линия). Пунктирная

линия отображает зону разрушения зерен в остывшем асфальте. Увеличение же уплотнения в этой зоне при осцилляции, показанное красными стрелками справа, слишком мало.

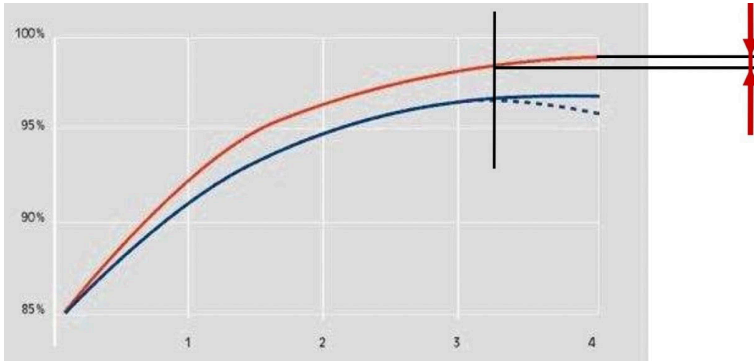


Рис. 2. Сравнение осцилляции со стандартной вибрацией

На рис. 3 представлена диаграмма сравнения эффективности разных методов УГ на тонких и толстых слоях. Из графиков видно, что наиболее универсальной машиной, способной эффективно использоваться как на тонких, так и на толстых слоях, является ВБК.

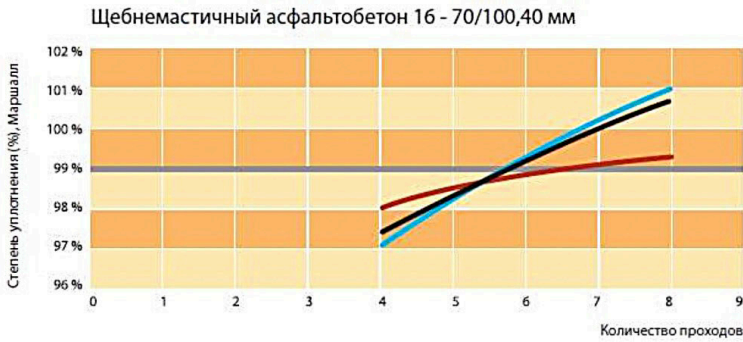


Рис. 3. Сравнение эффективности разных методов уплотнения на тонких и толстых слоях: синяя линия – высокочастотная вибрация; красная линия – направленная вибрация; черная линия – осцилляция

Анализ ВБК и ОсК показал, что для достижения заданной степени уплотнения нужно выполнить по шесть проходов, для катка с направленной вибрацией – по восемь проходов.

На относительно толстом слое достижение требуемого уплотнения при использовании только осцилляции без комбинирования ее с вибрацией будет происходить со значительной потерей эффективности. Тесты показали, что при использовании ВБК на 70-миллиметровом слое асфальтового основания с максимальным размером частиц 22 мм и числом пенетрации 160/220 достижение содержания воздушных пустот (пористость) идет на два прохода быстрее по сравнению с ОсК.

На рис. 4 содержание воздушных пустот отобрано на вертикальной оси в процентном соотношении. Чем ниже содержание воздушных пустот, тем выше степень уплотнения. Число проходов отобрано на горизонтальной оси.

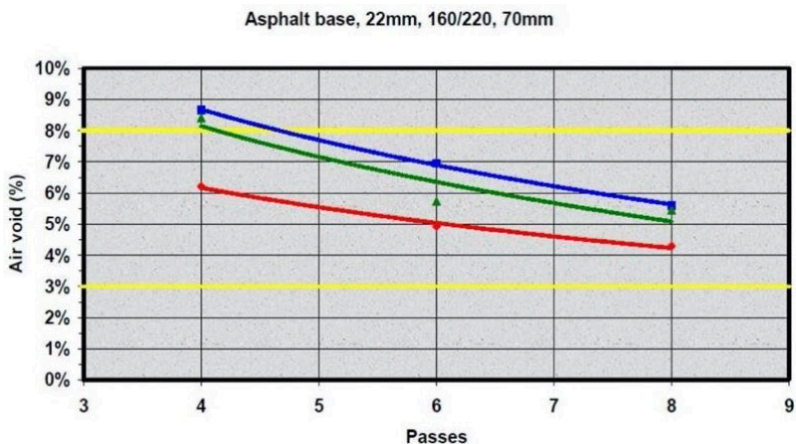


Рис. 4. Содержание воздушных пустот

По итогам исследования можно сделать вывод, что применение современных АСУ на машинах для уплотнения поверхностей повышает эффективность их применения, снижает затраты и повышает качество дорог. Последнее оказывает непосредственное влияние на безопасность участников дорожного движения.

АСУ уплотнения позволяют значительно повысить производительность и качество работы катков в первую очередь за счет предоставления возможности оператору в режиме «онлайн» контролировать ход процесса уплотнения и все ключевые показатели работы катка. Оператором проводится сплошной (не выборочный) контроль результатов уплотнения по всей площади участка. АСУ позволяет оптимизировать рабочий процесс принимая во внимание физико-механические свойства уплотняемого материала, а также улучшать условия работы оператора. Исключение за счет АСУ лишних проходов катка непосредственно ведет к уменьшению времени уплотнения, расхода топлива и горюче-смазочных материалов. УГ выполняется равномерно и последовательно, энергия уплотнения ВБК всегда приводится в соответствие с потребностями материала, а места со слабым грунтом вследствие некачественного проведения подготовительных работ или отклонения в составе асфальтовой смеси своевременно выявляются, обеспечивается должное качество уплотнения, дорожное покрытие гарантированно получается гладким, высококачественным и долговечным.

Повышается срок службы машин, поскольку при АСУ агрегаты работают в оптимальном режиме, а оператор своевременно оповещается о вхождении вибротальца катка в опасные режимы работы.

### Литература

1. СНиП 3.06.03-85 Автомобильные дороги.
2. *Тюремнов И. С.* Современное состояние и конструктивные особенности вибрационных катков// Мир дорог. – 2009. – № 42 (сентябрь).
3. *Тюремнов И. С., Морев А. С.* Обзор систем непрерывного контроля уплотнения грунта для вибрационных катков. Часть 1// Вестник ТОГУ – 2015. № 4.
4. Дунарас Documentation System. Soil Compaction 3492 0033 01 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.podshop.se/content/21/opensearchresult.aspx?file=3492%200033%2001\\_1.pdf](http://www.podshop.se/content/21/opensearchresult.aspx?file=3492%200033%2001_1.pdf) (дата обращения 21.10.2020).
5. *Пермяков В. Б., Захаренко А. В., Молокова Л. В.* Дорожные катки. Теория, расчет, применение: Лань, 2018.
6. Уплотнение и укладка дорожных материалов. Теория и практика URL: <http://www.gosthelp.ru/text/Uplotnenieiukladkadorozhn.html> (дата обращения 20.10.2021).



УДК 693.546.7

*Марина Аркадьевна Ишукова,*

студент

*Екатерина Алексеевна Кукина,*

студент

*Эльвира Владимировна Лисицкая,*

студент

*Максим Анатольевич Петров,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

*Marina Arkadevna Ishukova,*

student

*Ekaterina Alekseevna Kukina,*

student

*Elvira Vladimirovna Lisickaya,*

student

*Maksim Anatolevich Petrov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

## **ПАРАМЕТРЫ ВАЛКОВОГО ЗАГЛАЖИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ПОПЕРЕЧНЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ВАЛКА**

### **PARAMETERS OF THE ROLLER COVERING DEVICE WITH LATERAL DISPLACEMENT OF THE ROLL**

Данная статья представляет собой результат исследований в области повышения эффективности валковых рабочих органов заглаживающих машин (ВРО ЗМ). В рамках проведения расчета суммарной мощности двигателей валковых ЗМ учтена мощность, расходуемая на привод механизма поперечных колебаний. Также определена заглаживающая способность валковых ЗМ с применением поперечного движения, рабочий орган которых расположен перпендикулярно направлению заглаживания. Выполнен расчет длины пути трения точки взаимодействия ВРО с обрабатываемой средой. Информация, полученная в рамках написания статьи, может быть использована в целях определения износа ВРО ЗМ, а также для определения характера износа, определяющего микро- и макрогеометрию обрабатываемых поверхностей.

*Ключевые слова:* валковое заглаживающее устройство, бетон, заглаживание бетона, повышение эффективности, строительство.

This article is the result of research in the field of increasing the efficiency of roll working bodies of smoothing machines (VRO ZM). As part of the calculation of the total power of the roller ZM motors, the power consumed for the drive of the transverse vibration mechanism was taken into account. Also, the smoothing ability of roller grinding machines was determined using transverse motion, the working body of which is located perpendicular to the direction of smoothing. The calculation

of the length of the friction path of the point of interaction of the BPO with the processed medium has been carried out. The information obtained as part of the writing of the article can be used to determine the wear of the VRO ZM, as well as to determine the nature of the wear, which determines the micro- and macrogeometry of the treated surfaces.

*Keywords:* roller trowel, concrete, concrete smoothing, efficiency improvement, construction.

Использование дополнительных движений рабочего органа (РО) помимо основных значительно повышает эффективность валковых рабочих органов (ВРО) заглаживающих машин (ЗМ). Данный маневр приводит к увеличению заглаживающей способности (ЗС), повышению качества заглаживаемой поверхности (ЗП) и обеспечению равномерного износа трущейся поверхности РО.

Первостепенной технологической задачей процессов уплотнения и заглаживания поверхностного слоя бетонной смеси (БС) можно назвать приведение его в состояние течения в целях предельного снижения пористости путем удаления заземленного воздуха [5]. Особая роль здесь отведена направленности колебаний в процессах уплотнения.

К примеру, вертикально направленные колебания (ВНК) существуют для передачи энергии колебаний нижележащим слоям БС и в сравнительно большей степени участвуют в их уплотнении. Горизонтально направленные колебания (ГНК) направлены на создание благоприятных условий для уплотнения вышележащих слоев, снижение трения между частицами и слоями БС. Дополнительно отмечаем, что ГНК затрудняют процесс передачи колебаний по всему столбу БС, таким образом процесс уплотнения осуществляется под действием гравитационных сил. Совместное воздействие ВНК и ГНК способствует формированию поверхностной структуры БС с более плотной упаковкой [2].

Мощность  $N_4$ , расходуемая приводом механизма поперечных колебаний вала (ПКВ), определяется на основе общеизвестной формулы (1):

$$N_0 = N_1 + N_2 + N_3 + N_4, \quad (1)$$

$$N_4 = \left[ c_{\text{пр}} \cdot \Delta l + \tau_0 \frac{B \cdot D}{2} \cdot \arccos \left( 1 - \frac{2h_{\text{ср}}}{D} \right) f_1 \right] \cdot v_B k_\phi + N_{\text{тр}}, \quad (2)$$

где  $N_1$ – $N_3$  – мощности, расходуемые: на вращение вала, на перемещение волны БС и на передвижение ЗМ соответственно;  $\tau_0$  – предельное напряжение;  $f_1$  – коэффициент трения;  $c_{\text{пр}}$  – жесткость;  $k_\phi$  – коэффициент профиля вала;  $\Delta l$  – деформация.

Данная формула позволяет выбрать необходимую мощность привода ПКВ и эффективно подойти к созданию таких РО [1].

ЗС валковых ЗМ, РО которых расположен перпендикулярно направлению заглаживания, с применением поперечного движения определяется по формуле (3) [1]:

$$S_B = \frac{\sqrt{v_B^2 + (v_B \cdot k_\phi)^2}}{v_3} \cdot \frac{D\phi \sqrt{(v_B + v_3)^2 + (n_B)^2}}{\pi(v_B + v_3)} \times \\ \times E \left( \left[ 1 + \left( \frac{(v_B + v_3)}{n_B \varepsilon} \right)^2 \right]^{-0,5} \right), \quad (3)$$

где  $n_B$  – число поперечных ходов вала в единицу времени;  $\varepsilon$  – величина поперечного хода вала;  $\phi$  – угол контакта;  $E$  – полный интеграл второго рода.

Данное выражение ЗС определяет границы использования рассматриваемого РО в зависимости от заданной шероховатости поверхности изделий и реологических свойств формируемых БС [3].

В основе полученных выражений для определения длины пути трения точки взаимодействия РО с обрабатываемой средой применена формула (4):

$$L_{\text{мп}} = \frac{S\omega_B n_{\text{пр}} D\phi \sqrt{(v_B + v_3)^2 + (n_B)^2}}{2\pi^2 v_3 (v_B + v_3)} \times \\ \times E \left( \left[ 1 + \left( \frac{v_B + v_3}{n_B \varepsilon} \right)^2 \right]^{-0,5} \right), \quad (4)$$

где  $\omega_B$  – частота вращения вала;  $n_{\text{пр}}$  – число проходов.

Использование выражения (4) во множественных методиках в качестве одного из факторов, определяющих интенсивность износа ВРО и его характер, носит повсеместный характер и определяет микро- и макро-геометрию обрабатываемых поверхностей [4].

Подводя итог исследованию, можно сделать вывод, что при ПКВ происходит более активное разжижение слоя БС.

Действие дополнительного поперечного сдвига способствует механическому перераспределению компонентов в более плотную упаковку. При этом к поверхности трения вытесняется достаточное для сглаживания неровностей цементно-песчаного теста, благодаря чему качество обработанной поверхности значительно улучшается [1].

### Литература

1. Кононов А. А. Определение рациональных параметров и режимов работы вибрационного валкового рабочего органа для обработки бетонных поверхностей: диссертация ... кандидата технических наук: 05.05.04. – Братск, 2001. – 195 с.
2. Мамаев Л. А., Зайцев А. Н., Кононов А. А. Вибропроцессы и вибромашины по обработке бетонных поверхностей // Проблемы механики современных машин: материалы междунар. конф. / ВСГТУ. Улан-Удэ, 2000. Т. 2. С. 122–127.
3. Кузнецова Ю. А. Технология уплотнения бетонной смеси / Ю. А. Кузнецова // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2017. – Т. 1. – С. 319–323.
4. Райчык Я. Оптимизация параметров заглаживающих машин для обработки поверхностей отформованных из пластичных смесей в условиях производства в ПНР: дис. ... д-ра техн. наук. Л., 1999. 292 с.
5. Болотный А. В., Рысс-Березак С. А. Оценка эффективности новых заглаживающих машин // Доклады 56-й научной конференции профессоров, преподавателей, науч. работников, инженеров и аспирантов С.-Петерб. гос. архит.-строит. ун-та; СПб., 1999. Ч. 1. С. 88–89.

**УДК 62-192**

*Ольга Васильевна Людкевич,*

студент

*Ольга Владимировна Серебрякова,*

студент

*Александр Александрович Аносов,*

студент

*Ваган Сержикович Бабаян,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: oly2264@yandex.ru,*

*5750195@mail.ru*

*Olga Vasilevna Lyudkevich,*

student

*Olga Vladimirovna Serebryakova,*

student

*Aleksandr Aleksandrovich Anosov,*

student

*Vagan Serzhikovich Babayan,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: oly2264@yandex.ru,*

*5750195@mail.ru*

**ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ МАШИН  
С УЧЕТОМ МНОЖЕСТВА МЕТОДОВ  
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ**

**LIFE CYCLE OF MACHINES  
WITH MULTIPLE DECISION METHODS**

В статье анализируется природа факторов, оценивающих жизненный цикл машин. Обосновано, что для достижения совокупной или ограниченной эффективности системы технического обслуживания (ТО) машин следует работать с относимыми к неопределенным (неизвестным) условиям факторами. Наличие в проводимых исследованиях ситуаций, в которых преимущественно присутствует степень неопределенности, потребует в целях своего отображения привлечения конкретного математического аппарата, непосредственно включающего в себя вероятность появления неопределенности. Выполнена оценка жизненного цикла машин во множестве методов принятия решения посредством группы методов, применяемых для дифференцированного оценивания отдельных свойств машины. Структура методов математически позволяет дать оценку закономерности перемены технического состояния транспортных средств и их узлов (агрегатов) в целях усовершенствования систем проведения ТО и ремонта, определения соответствующих нормативов технической эксплуатации и их дальнейшего утверждения в технической документации, расчета реальных сроков службы различных автототранспортных средств.

*Ключевые слова:* жизненный цикл машины, эксплуатация, многокритериальность, методы принятия решения, неопределенность в системе.

The article analyzes the nature of factors that evaluate the life cycle of machines. It is proved that in order to achieve the cumulative or limited efficiency of the maintenance system (maintenance) of machines, it is necessary to work with factors related to uncertain (unknown) conditions. The presence in the ongoing research of situations in which the degree of uncertainty is predominantly present will require, for the purpose of its display, the involvement of a specific mathematical apparatus that directly includes the probability of uncertainty. The assessment of the life cycle of machines in a variety of decision-making methods is carried out by means of a group of methods used for differentiated evaluation of individual properties of the machine. The structure of the methods mathematically allows us to assess the regularity of changes in the technical condition of vehicles and their components (aggregates) in order to improve maintenance and repair systems, determine the appropriate standards of technical operation and their further approval in technical documentation, the actual service life of various motor vehicles.

*Keywords:* life cycle of the car, operation, set of criteria, decision-making methods, uncertainty in a system.

Затраты на утилизацию, затраты на ремонт (Р) и техническое обслуживание (ТО), эксплуатационные затраты, амортизационные затраты отнесены к сфере экономических показателей ресурсоемкости наземных транспортно-технологических машин (НТТМ). Данные показатели направлены на определение этапов жизненного цикла (ЭЖЦ) машин. Кроме того, на ЭЖЦ машин влияют экологические нормы и требования, ежегодно становящиеся строже и строже, как показывает международная практика [1–5, 7].

На сегодняшний день технический прогресс неуклонно движется вперед, что доказано возрастанием уровня производительности труда и техники. Ввиду изложенного, меняются и конструктивные решения, применяемые в строительных машинах. В рамках эксплуатации парков машин, вне зависимости от вида работ, имеет место тенденция постоянных технических и технологических изменений структуры парка таких машин [8].

Сегодня в мире четко прослеживается основная задача в сфере машиностроения – одновременное (совместное) обеспечение при минимальных затратах максимально возможной работоспособности и наибольшей производительности НТТМ. Достигнуть результата при решении рассматриваемой задачи предполагается путем увеличения (повышения) уровня сложности разрабатываемых

конструкций и обеспечения усиленного непрерывного роста введе-  
ния техники в цикл технической эксплуатации (ТЭ).

ТЭ включает мероприятия, обеспечивающие функционирование  
всех ЭЖЦ НТТМ (рис. 1).

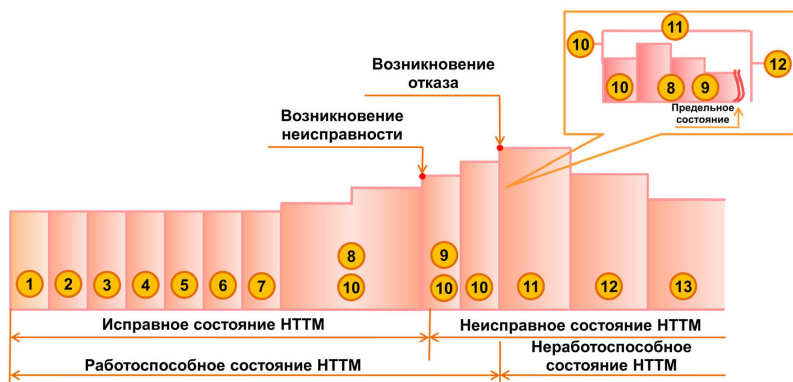


Рис. 1. ЭЖЦ НТТМ: 1 – предпродажная подготовка; 2 – ТО; 3 – продажа; 4 – ввод в эксплуатацию; 5 – транспортирование; 6 – хранение неиспользуемой НТТМ в заданном состоянии; 7 – ожидание использования НТТМ по назначению; 8 – выполнение функционально-технологических операций; 9 – проведение Р; 10 – система ТО и Р; 11 – неработоспособное состояние; 12 – снятие с эксплуатации; 13 – конец эксплуатации

Появление и дальнейшее проявление неисправностей и отказов машин их отдельно взятых узлов и агрегатов обусловлено негативным влиянием износа и коррозии. Моментом возникновения отказа является время, когда величина износа и/или коррозии достигают критической точки – момента предельного работоспособного состояния транспортного средства (ТС) или узлов/агрегатов [4, 7].

Оценка ЭЖЦ машины множеством методов принятия решений возможна только с помощью комплексного рассмотрения различных методов [1, 6]. Каждое отдельно взятое свойство ТС может быть оценено и проанализировано различными методами. Вся совокупность методов разделена на несколько подсистем:

- методы, определяющие весовые коэффициенты возможных решений по каждому из критериев, исходя из субъективной экспертной

оценки значимости каждого критерия (недостаток – необходимость придания количественной взаимосвязи между отдельными решениями по каждому критерию);

- методы, сводящие решение многокритериальной задачи к получению единого интегрального критерия качества (недостаток – ряд критериев может иметь взаимоисключающие значения или иметь определенные ограничения с нормативно-правовой точки зрения).

Для уменьшения отрицательного воздействия недостатков указанных выше методов при оценивании процессов управления сроком службы НТТМ требуется конкретный (определенный) математический аппарат (МА). МА должен объективно и дифференцированно оценивать состояние НТТМ, учитывать при этом множественные факторы окружающей среды, определять системность и закономерность переходных состояний НТТМ, принимая во внимание эксплуатацию в условиях нестабильности во времени [9,10].

Алгоритм действия основных методов для снятия неопределенности (далее – Алгоритм) представлен на рис. 2.

Из Алгоритма можно выделить несколько методов, направленных на снятие неопределенности (экспертные оценки, априорное распределение вероятностей, гарантированные уровни значений решений, районирование), а также информационных ситуаций ((не) определенности, недостаточности) [9].

Оптимально подобранный срок службы ТС, достоверно выбранные параметры НТД по ТЭ, совершенствование системы ТО и Р – конкретные цели, достигаемые благодаря структурированной совокупности методов. Структура методов применяется для снятия неопределенности в сложных технических системах и определяет закономерности изменения технического состояния машин и механизмов математическим методом. Динамически меняющиеся условия внешней среды – главный фактор для рассмотрения и оценки сроков эксплуатации ТС.

Подводя итог вышеизложенному, в целях повышения достоверности технических решений множеством методов, целесообразен математически-аналитический подход, предоставляющий оптимальные пути решений задач при минимальных исходных данных и большом количестве постоянно меняющихся критериев.



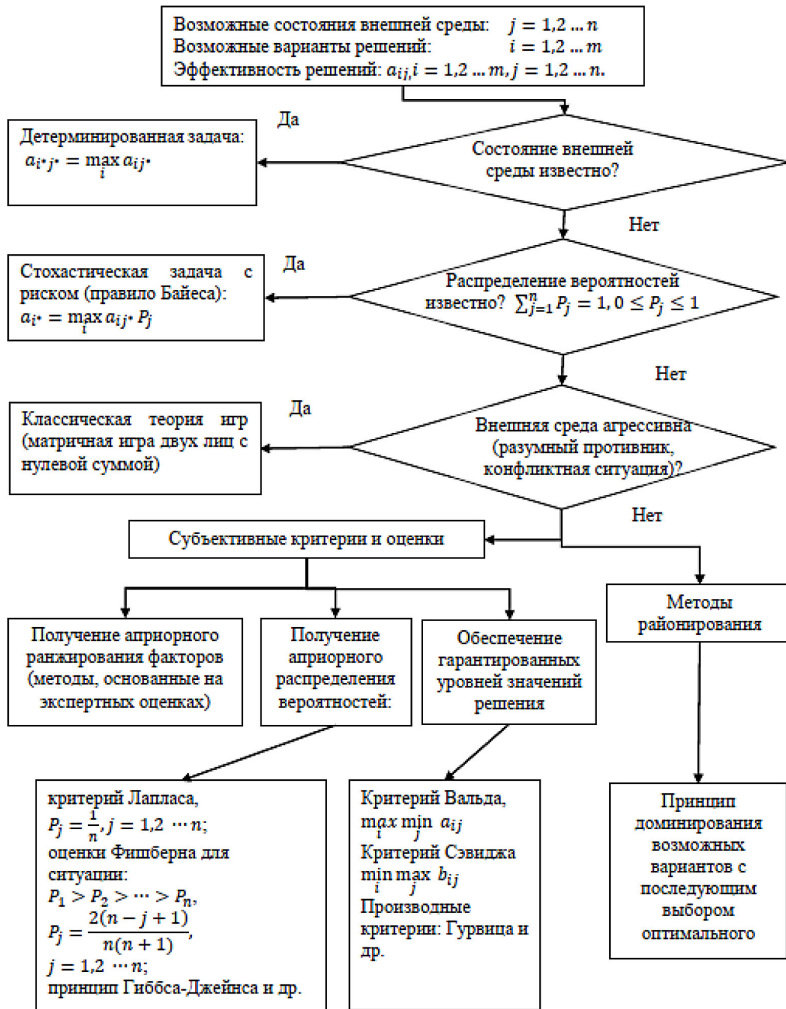


Рис. 2. Структура методов, применяемых для снятия неопределенности в сложных организационно-технических системах

### Литература

1. *Куракина Е. В.* Эффективность использования наземных транспортно-технологических машин // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ № 3(56). – 2016. – С. 203–208.
2. *Арифуллин И. В., Терентьев А. В.* Анализ природы факторов влияния внешней среды на сроки эксплуатации автомобилей / Транспорт: наука, техника, управление. 2019. № 1. С. 47–50.
3. *Терентьев А. В., Беляев А. И.* К вопросу развития системы управления жизненным циклом автомобиля Транспорт российской федерации. 2015. № 5 (60). С. 57–59.
4. *Терентьев А. В., Ртищев Н. А., Амирханов Р. Р.* Организация и учет движения транспортных средств по автомобильной дороге Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 5. № 12. С. 98–100.
5. *Добромиров В. Н., Евтюков С. С., Куракина Е. В.* / Совершенствование методов оценки безопасности дорожного движения на скоростных автомобильных дорогах. Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 1 (56). С. 94–100.
6. *Терентьев А. В.* Методы решения автотранспортных задач Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–2. С. 78.
7. *Kapustin A., Terentiev A.* Rational lifetime of a vehicle in terms of ensuring security of its design. Transportation Research Procedia 2017. С. 254–260.
8. *Paweł Rajczyk, Stanisław Evtiukov.* New technological solutions in improving road safety. Transportation Research Procedia, Volume 36, 2018, P. 649–653.
9. *Elena Kurakina, Sergei Evtiukov, Jarosław Rajczyk.* Forecasting of road accident in the DVRE system // Transportation Research Procedia, Volume 36, 2018, Pages 380–385.
10. *Карелина М. Ю., Арифуллин И. В., Терентьев А. В.* Аналитическое определение весовых коэффициентов при многокритериальной оценке эффективности автотранспортных средств // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018. № 1 (52). С. 3–9.

**УДК 621.8**

*Мария Викторовна Павлова-Серебрякова, Мария Викторовна Pavlova-Serebriakova,*  
магистрант Master's degree student  
*Роман Викторович Евтюков, Роман Викторович Evtyukov,*  
магистрант Master's degree student  
*Борис Евгеньевич Младшев, Борис Evgenievich Mladshv,*  
магистрант Master's degree student  
*Алексей Павлович Андреев, Alexey Pavlovich Andreev,*  
магистрант Master's degree student  
(Санкт-Петербургский государственный (Saint Petersburg State University  
архитектурно-строительный университет) of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: sportakiss@gmail.com E-mail: sportakiss@gmail.com*

**БЕЗОПАСНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
АВТОВЫШЕК SKYLIFT**

**SAFETY OF AERIAL PLATFORMS “SKYLIFT”**

В статье рассматриваются основные ошибки использования автовышек в киноиндустрии, приводятся обоснования для разработки нормативов, технических планов и универсальных систем крепления.

*Ключевые слова:* автовышка, автогидроподъемник, безопасность.

The article discusses the main mistakes in using aerial platforms in the film industry, provides the rationale for the development of standards, technical plans, and universal mounting systems.

*Keywords:* aerial platforms, safety, automatic hydraulic lift.

Автогидроподъемники, называемые также автовышки, в настоящее время являются одними из самых незаменимых видов спецтехники. Автовышки смонтированы на базе грузовых автомобилей, за счет чего обладают высокой мобильностью. Помимо обычного использования автовышки для проведения высотно-монтажных работ, данная техника часто используется в киноиндустрии. Подъемная техника делает съемку универсальной, позволяя решать сложные задачи, использовать разные ракурсы, а также становится возможной качественная съемка больших объектов или строений, также на автовышки устанавливаются свет, дождевальные и снег машины.

В силу особенностей пространства для съемки (дворы-колодцы, узкие городские улицы, окна высоких зданий, поля без асфальтового покрытия) обычно используют следующие типы стрел:

- телескопическая (удобны в использовании в городском цикле, так как способны работать на малой высоте);
- комбинированная (главное достоинство – подъемное устройство может перемещаться на 360 градусов в любом направлении);
- коленчатая (компактные в плане перемещения, но для работы требует просторную площадь).

Автовышки с различным типом стрел показаны на рис. 1.



Рис. 1. Автовышки: а – с комбинированным механизмом подъема стрелы; б – с телескопическим механизмом подъема стрелы; в – с коленчатым механизмом подъема стрелы

Несмотря на широкий спектр использования автовышек в киноиндустрии, нормативов по установке кинооборудования и универсальных конструкций для крепления техники до сих пор не существует. Монтажная корзина автовышки (так называемая люлька) изначально конструктивно не предусматривает подвеса на перила чего-либо, в следствие чего нет точных расчетов нагрузок на перила. В основном при разработках люлек для вышек упор делают на расчет нагрузок на пол корзины. При монтаже, как правило, ограничиваются только максимальным весом, которым можно загрузить монтажную корзину габаритами самой автовышки (чтобы ее установка не мешала проезду/проходу машин и людей), своей фантазией и крепеж который есть в наличии. В следствие чего многие небольшие или начинающие съемочные группы допускают ошибки эксплуатации и нарушения правил безопасности при работе с вышкой, приводящие к падению вышек, навесного оборудования, выходу из строя электрооборудования автовышки и сторонних приборов.

В настоящее время установка осветительного оборудования и оборудования специальных эффектов осуществляется с помощью алюминиевых ферм или труб из сплава алюминия АД35, которые при помощи струбцин, тросов или спансетов (круглопрядная стропа с полиэфирным сердечником) крепятся за перила люльки (рис. 2–4), не учитывая при этом максимально возможные нагрузки на перила люльки.

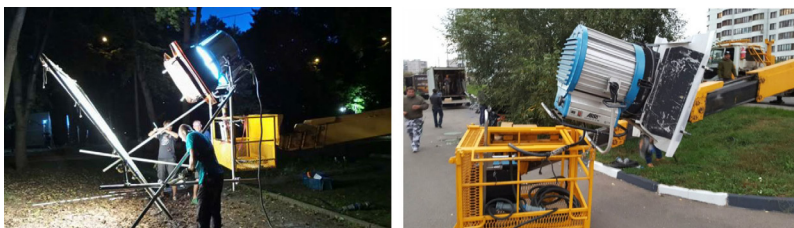


Рис. 2. Крепление кинооборудования к люлке автовышки

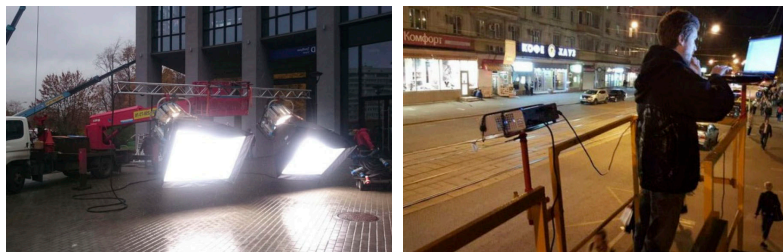


Рис. 3. Крепление кинооборудования к люлке автовышки на световую ферму

Рис. 4. Нарушение установки оборудования в люлке автовышки

Можно выделить основные ошибки использования:

- неравномерная загруженность монтажной корзины;
- отсутствие глухих бортов, в качестве защиты от падения мелких деталей с техники и мелкой техники (рис. 7);
- при динамической съемке не учитывают необходимое уменьшение веса при изменении наклона стрелы;
- отсутствие нормативов и технических документов возможных конструкций крепления;
- неправильное подключение оборудования к электросети.

Данная статья предваряет магистерскую работу «Конструктивные особенности и нормы использования автовышек Skylift». Предлагается разработать требования и нормы по установке оборудования в монтажной корзине автовышки, а также разработать несколько универсальных вариантов крепления, чтобы упростить и обезопасить процесс монтажа, учитывая следующие параметры:

- габаритные размеры автовышки;
- температурные климатические воздействия;
- нормативные значения горизонтальных нагрузок на перила корзины;
- топографические параметры и особенности местности использования;
- вес навесного оборудования;
- нагрузка на точки крепления;
- нагрузка на перила рабочей площадки;
- продолжительность смены и другие.

Работа предусматривает объединение фирм предоставляющие автовышки и кинооборудование в аренду и продажу, с целью создания общих мобильных и легко монтируемых конструкций.

### **Литература**

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации подъемников (вышек). ПБ-10-11-92.
2. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов (с изменениями на 29 июля 2018 года)».
3. СНиП 2.01.07-85\* Нагрузки и воздействия (с изменениями № 1, 2).
4. ГОСТ Р 53037-2008 (ИСО 16368:2003) Мобильные подъемники с рабочими платформами. Расчеты конструкции, требования безопасности, испытания.
5. ТТК. Выполнение работ автогидроподъемником типа АГП-18, АГП-22, АГП-28.

**УДК 16.708.21**

*Кристина Денисовна Паленых,*

студент

*Олег Алексеевич Попков,*

студент

*Петр Владимирович Туфанов,*

студент

*Анастасия Александровна Утко,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

*Kristina Denisovna Palenykh,*

student

*Oleg Alekseevich Popkov,*

student

*Petr Vladimirovich Tufanov,*

student

*Anastasia Alexandrovna Utko,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

## **КОНУСНАЯ ДРОБИЛКА С ДВУМЯ СТУПЕНЯМИ ДРОБЛЕНИЯ**

### **CONE CRUSHER WITH TWO CRUSHING STAGES**

В данной статье рассмотрен вариант усовершенствования конструкции конусной дробилки. Суть усовершенствования заключается в повышении количества ступеней дробления в одной машине до двух за счет добавления дополнительной конусной ступени вала.

*Ключевые слова:* дробильная установка, конусный вал, дробление, конструкция.

In this article, we consider an option for improving the design of a cone crusher. The essence of the improvement is to increase the number of stages of crushing in one machine to two by adding an additional tapered shaft stage.

*Keywords:* crushing plant, conical shaft, crushing, construction.

Конусные дробилки (КД) производят процесс дробления камня благодаря конструкции из поверхностей усеченных конусов. Существует несколько видов таких конусов – неподвижный (НК) и внутренний подвижный (ВПК). КД используются в целях дробления твердых горных пород средней и большой крепости.

Осуществление вращения ВПК происходит за счет помощи специального эксцентрикового подшипника с установленным внутри хвостовиком вала ВПК под углом 2–4° к геометрической оси КД. За счет вращения эксцентрика, получающего импульс от привода

дробилки, основания конусов с определенной периодичностью то сближаются, то удаляются друг от друга. Дробление кусков материала при сближении происходит за счет раздавливания, изгиба и истирания, далее при удалении раздробленный материал разгружается под действием своего веса.

Процесс дробления и разгрузка готового продукта – непрерывный процесс.

Материал, из которого изготовлен конус и его верхняя часть – марганцовистая сталь.

Выгрузку дробленого продукта называют боковой или центральной из-за способа отвода дробленого продукта – по отводящему лотку или непосредственно вниз.

В последнем варианте необходимо учесть некоторые особенности производства работ, поэтому в целях регулирования размера выходящего из КД щебня, а также для предохранения КД от поломок при попадании недробимых кусков применяется гидравлическая система, которая нагнетает масло под нижнюю часть главной подвижной оси конуса.

Ввиду меньшего потребления электроэнергии и выдаче сравнительно более схожего по размеру щебню процесс дробления, происходящий в КД, является более спокойным, чем дробление в щековой дробилке.

Стоит отметить основные недостатки работы КД:

- большая высота дробилки, существенно усложняющая подачу щебня;
- большой вес установки;
- относительно сложная конструкция машины.

В связи с развитием и научно-техническим прогрессом появилось новое направление в производстве КД – создание конусной инерционной дробилки (КИД).

КИД отличаются от обычных конусных своей конструкцией (в качестве привода используется дробящий конус-вибратор дебалансного типа) и установкой (не требует фундамента, т. к. динамически уравновешена).

Если предприятие-изготовитель усовершенствует конструкцию КИД, производители дробильных работ смогут эксплуатировать



установку для более сложных работ, таких как работа в открытом и замкнутом цикле, повысить степень дробления, снизить расход электроэнергии. Также при эксплуатации КИД возможно избирательное дробление, для получения продукта различной фракции.

Корпус приводного вала КИД в сборе является самостоятельной монтажной единицей, устанавливаемой в патрубке станины дробилки и крепящейся болтами. Под фланцем корпуса привода имеется набор плоских прокладок, с помощью которых регулируется коническая передача (КП). Второй комплект регулировочных прокладок установлен под шайбами подпятника. Нагрузки от усилий в КП воспринимаются двумя подшипниковыми втулками, в которых установлен вал привода.

Усовершенствование конструкции конусной дробилки

Поскольку в производстве дорожного покрытия используется дробленый камень различной величины, весь исходный материал проходит 2–3 стадии дробления.

Предложение по усовершенствованию конструкции конусной дробилки заключается в том, чтобы реализовать двухступенчатое дробление, не прибегая к использованию дополнительных машин и циклов загрузки, сортировки и выгрузки.

Вал подвижного конуса для этого изготавливается с дополнительной конусной ступенью, также неподвижный конус приобретает дополнительную ступень за счет втулки.

За счет перемещений конусов вверх-вниз осуществляется регулировка зазора между конусами, следовательно, конечный размер кусков.

Недостатком данной схемы является ее нетехнологичность, а также увеличение высоты установки (что само по себе является недостатком конусной дробилки), сложность в изготовлении двухступенчатого конусного вала. Схема приведена на рисунке.

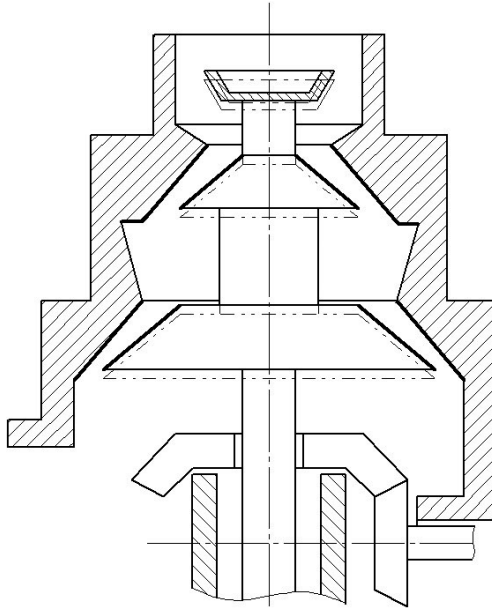


Схема усовершенствованной конструкции конусной дробилки

### Литература

1. Бауман В. А., Быковский Я. Я. Вибрационные машины и процессы в строительстве. М. : Высш. шк.1977. 225 с.
2. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов: справочник / Под ред. В. А. Баумана. М. : Машиностроение, 1970. 548 с.
3. Вибрации в технике : справочник: В 6 т. М.: Машиностроение, 1981. Т.
4. Вибрационные процессы и машины / Под ред. Э. Э. Лавендела. 509 с.

**УДК 621.002**

*Дмитрий Анатольевич Петров,*  
студент

*Николай Витальевич Рассказов,*  
студент

*Артем Андреевич Сухов,*  
студент

*Игорь Александрович Корзинин,*  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

*Dmitrij Anatolevich Petrov,*  
student

*Nikolaj Vitalevich Rasskazov,*  
student

*Artyom Andreevich Suhov,*  
student

*Igor Aleksandrovich Korzinin,*  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ  
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН ПУТЕМ РАЗВИТИЯ  
СЕТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ**

**IMPROVEMENT OF MAINTENANCE SYSTEMS  
FOR CONSTRUCTION MACHINES BY DEVELOPING  
A NETWORK OF INFORMATION CENTERS**

Создание сети информационных центров призвано снизить затраты на проведение технического обслуживания и ремонта техники и повысить качество выполнения мероприятий. В информационных центрах предполагается хранение программного обеспечения по методикам совершенствования систем технического обслуживания и ремонта, инструкций и другой полезной информации для руководителей строительных предприятий. Финансовые вложения во внедрение методик технического обслуживания и потери производственного времени при наличии у предприятия доступа к сети информационных центров сводятся к минимуму из-за того, что для работы программ необходимы компьютерное обеспечение и ввод исходных данных, что должно быть удобным для работы в современных условиях строительства.

*Ключевые слова:* техническое обслуживание, информационный центр, строительные машины, эксплуатация, ремонт.

The creation of a network of information centers is designed to reduce the cost of technical maintenance and repair of equipment and improve the quality of activities. Information centers are supposed to store software on methods of improv-

ing maintenance and repair systems, instructions and other useful information for managers of construction companies. Financial investments for the implementation of maintenance techniques and the loss of production time, if the enterprise has access to the network of information centers, is minimized due to the fact that the programs need computer support and input of initial data, which should be convenient for working in modern construction conditions

*Keywords:* maintenance, information center, construction machines, operation, repair.

Эффективная организация технического обслуживания (ТО) транспортно-технологических машин в современном строительстве требует выбора направления совершенствования системы. Существуют несколько направлений решения этого вопроса, например, совершенствование системы ТО путем улучшения организации самого производства, на котором занята машина, то есть за счет сокращения основного производственного времени, применением высокопроизводительных машин, или, например, вести работу по сокращению времени ТО и ремонта, уменьшению количества отказов техники, по реорганизации существующих бригад, по сокращению времени приработки машин, при этом могут быть использованы как имеющиеся на предприятии фонды, так и могут быть привлечены дополнительные средства.

Любое действие по совершенствованию системы ТО и ремонта машин в современных условиях имеют две стороны – это научная и практическая.

Для проведения новых научных исследований необходимо привлечение специалистов, математиков, программистов и так далее. Для проведения практических мероприятий требуется различный подход в распределении ресурсов в каждом конкретном случае, при этом руководители предприятий часто недооценивая науку, ставят ее на второй план, что не всегда благополучно сказывается на конечном результате. В этом случае руководителей предприятий можно понять, так как чаще всего ими выбирается выглядящий в начале путь решения задачи с наименьшими затратами и далее, кажущийся в начале путь наименьшего сопротивления не всегда оказывается таковым. В процессе возникают дополнительные затраты, которых в начале этого пути не было, которые и прогнозирует наука, позволяя осуществить выбор наиболее рационального решения.

Кроме всего этого, многие руководители предприятий и лица, ответственные за эксплуатацию машин очень часто приходят к одним и тем же решениям, не зная об этом и, таким образом, тратя свое время изобретают «велосипед».

Многие руководители пытаются сократить или исключить из совершенствования системы ТО и ремонта научные исследования, ссылаясь на дополнительные расходы и время, и это не беспочвенно, так как для того, чтобы увидеть научный результат, необходимо время, которого как всегда не хватает. Очень важно, чтобы руководители предприятий поняли необходимость проведения научных исследований и умения их использования на производстве, так как не все исследования необходимо проводить с начала, многое уже сделано, нужно уметь это находить и использовать.

Для решения этого необходимо развитие сети информационных центров на территории Санкт-Петербурга и области и других регионов, в которых хранилось бы программное обеспечение по методикам совершенствования систем ТО и ремонта, которые постоянно создаются и развиваются, инструкции и другая полезная информация для руководителей предприятий, эксплуатирующих машины.

Создание подобных центров должно снизить затраты на проведение ТО и ремонта техники и повысить качество выполнения мероприятий, так как то, чего так стараются избежать руководители предприятий, а именно больших финансовых вложений на внедрение методики и потери производственного времени в этом случае сводится к минимуму из-за того, что для работы той или иной программы в основном в большинстве случаев необходимо компьютерное обеспечение и ввод исходных данных, что должно быть удобным для работы в современных условиях строительства.

Конечно, для создания подобного центра информации необходимо вложение средств, если руководители больших и средних предприятий оценят значимость этого, то в итоге они получают большую экономию расходов своих средств, так как для сравнения, заключить договор на проведение научно-исследовательской работы – это одни затраты или приобрести программу, установить ее и, используя ее, принимать решения, выбирая тот или иной вариант – это совсем другие затраты, чаще всего значительно меньшие, чем в первом случае.

Кроме этого, многие солидные фирмы, имеют секретную информацию, разглашать которую не всегда в их интересах и правилах, и создание таких центров для них может иметь односторонний интерес, из которого они могут получить полезную для них информацию и использовать ее, при этом не разглашая свои секреты.

На наш взгляд вопрос о создании и развитии сети информационных центров носит очень большое будущее в организации системы ТО и ремонта транспортно-технологических машин в строительстве особенно крупных объектов, когда идет речь о крупном вложении средств, так как именно они, обосновывая затраты в современных экономических условиях, могут провести связь между наукой и практикой на производстве при развитии научно-технического прогресса.

#### **Литература**

1. *Евтюков, С. А.* Строительно-дорожные машины: учебное пособие/ С. А. Евтюков, С. А. Рысс-Березарк, Я. Райчык; под ред. С. А. Евтюкова. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2001.
2. *Евтюков, С. А.* Основы теории надежности, работоспособности и диагностики машин: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению эксплуатации транспортных средств. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2011.
3. *Терентьев А. В., Ефименко Д. Б.* К вопросу многокритериальной оценки срока эксплуатации автомобиля/Мир транспорта и технологических машин. 2018. № 1 (60). С. 21–27.
4. *Куракина Е. В.* Эффективность использования наземных транспортно-технологических машин // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ № 3(56). – 2016. – С.203-208.
5. *Арифиллин И. В., Терентьев А. В.* Анализ природы факторов влияния внешней среды на сроки эксплуатации автомобилей / Транспорт: наука, техника, управление. 2019. № 1. С. 47–50.
6. *Терентьев А. В., Беляев А. И.* К вопросу развития системы управления жизненным циклом автомобиля Транспорт российской федерации. 2015. № 5 (60). С. 57-59.
7. *Евтюков, С. А.* Надежность и эффективность эксплуатации транспортно-технологических машин / С. А. Евтюков, С. В. Репин, А. В. Зазыкин, К. В. Рулис. – Санкт-Петербург, 2017.

**УДК 69.002.5.004.14**

*Ирина Анатольевна Платонова,*

студент

*Александр Владимирович Щипакин,*

студент

*Рустам Нуманжонович Турсунов,*

студент

*Мария Сергеевна Короткевич,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

*Irina Anatolyevna Platonova,*

student

*Alexander Vladimirovich Shchipakin,*

student

*Rustam Numanzhonovich Tursunov,*

student

*Maria Sergeevna Korotkevich,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: 5750195@mail.ru*

## **СТРУКТУРНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН**

### **STRUCTURAL METHOD OF ASSESSING THE QUALITY SYSTEM OF ROAD CONSTRUCTION MACHINES**

Наличие конкурентной среды в условиях рыночной экономики обязывает уделять огромное внимание проблемам качества. Серьезная конкурентная борьба обусловила в странах с развитой рыночной экономикой разработку программ повышения качества. Возникла необходимость выработки объективных показателей для оценки способностей предприятий производить строительно-дорожные машины (СДМ) с необходимыми качественными характеристиками. Для решения этой задачи в данной статье приведена структурная схема метода оценки системы качества строительно-дорожных машин.

*Ключевые слова:* повышение качества, дорожная техника, строительная техника, СДМ, система качества.

The presence of a competitive environment in a market economy obliges us to pay great attention to quality problems. Serious competition has led to the development of quality improvement programs in countries with developed market economies. There was a need to develop objective indicators to assess the ability of enterprises to produce road construction machines (RCM) with the necessary quality characteristics. To solve this problem, this article presents a block diagram of a method for evaluating the quality system of road construction machines.

*Keywords:* quality improvement, road equipment, construction equipment, RCM, quality system.

На многих предприятиях, которые десятилетиями жили в условиях планового хозяйства и не знали настоящих кризисов конкуренции и проблем с поиском заказов, в настоящее время присутствуют только отдельные элементы управления качеством. Руководство предприятий понимает необходимость совершенствования системы качества, но эффективность совершенствования снижается из-за организационно-методических недоработок этого вопроса [1].

Обычно сложившиеся системы качества производства строительной и дорожной техники рассматривают применительно к структуре самого производства, потенциально учитывая только цели и задачи производителя. Учитывая, что в поле зрения в данном случае не входит конечный получатель продукции – готовой строительной и дорожной техники, как независимое лицо, формирующее систему качества извне, упускается тот факт, что именно потребитель, при всей четкости системы качества, оценивает эту систему [2].

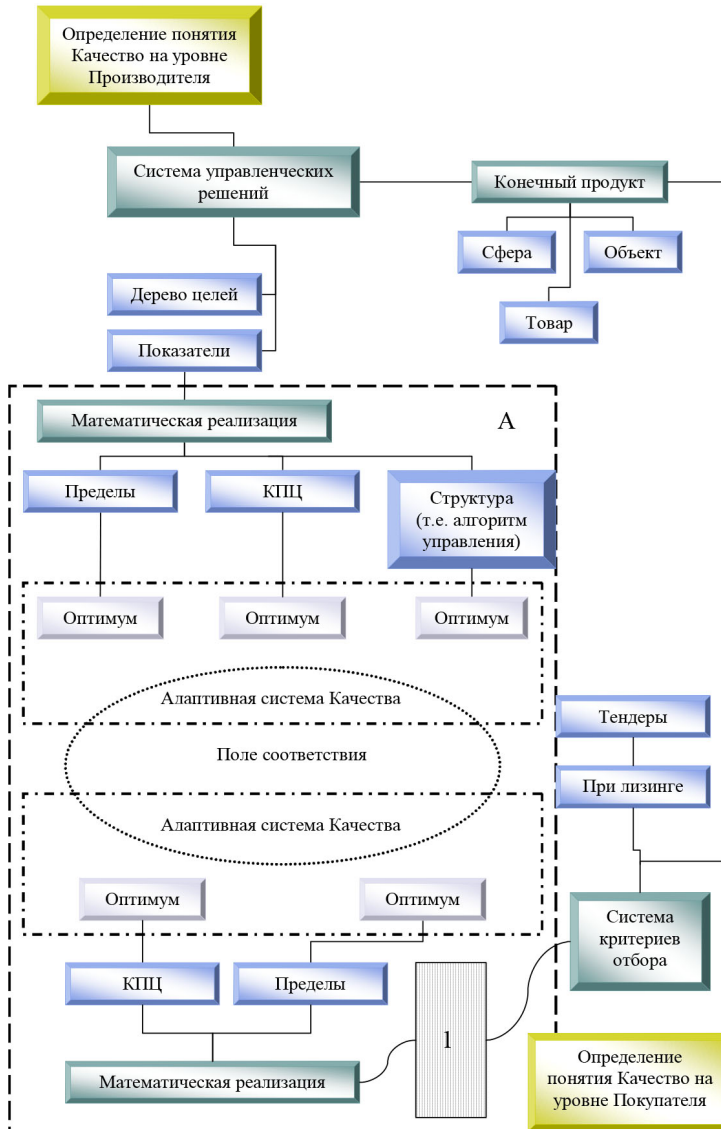
Представив систему качества, как поле, вмещающее в себя потребителя, продукт производства (в нашем случае СДМ) и производителя, можно представить механизм данной системы, как сеть воздействий, откликов и предложений.

Система качества охватывает все этапы жизненного цикла продукции, т. е. все процессы, начиная с исследования рынка (выяснения желаний потребителя) и до использования продукции по назначению. Выступая в дальнейшем в роли лица оценивающего эффективность данной системы, можно структурно представить следующий метод оценки (см. рисунок).

Где соответственно математическая реализация подразумевает собой применение метода обратных функций. А КПЦ (коэффициент приоритета цели) – возвращенное значение конкретной функции.

На данной схеме блоком 1 обозначен блок отбора показателей и требований. Логическая структура данного метода позволяет параллельно оценивать показатели как конечные, так и абстрактные. Поле соответствия является  $n$ -мерной системой поверхностей, с добавленной осью времени. Принцип формирования которого основан на методах Парето-эффективности.





Структурная схема метода

Основной принцип системы качества – обеспечить анализ, оценку и контроль всех процессов, чтобы не отклоняться от требований заказчика (потребителя) на всех этапах жизненного цикла продукции. Тотальная борьба с «несоответствиями» – основная цель системы качества. В любой реализации, задача системы качества – это предупреждение несоответствий путем устранения причин их возникновения [3]. Данный метод, призван стать инструментом анализа систем, для рационального дальнейшего решения возникающих несоответствий.

### **Литература**

1. Кулакова О. Г. Управление внедрением систем качества на промышленных предприятиях: мотивационный подход : автореферат дис. ... кандидата экономических наук : 08.00.05 / Волгогр. гос. ун-т. – Волгоград, 2002. – 28 с.
2. Дорожно-строительные машины / А. В. Вавилов [и др.] ; под общ. ред. А. М. Щемелев. – Минск : Технопринт, 2000. – 515 с. : ил., схем., табл.
3. Проблемы проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции транспортных сооружений и пути их решения : [в 3 ч.] / Н. Н. Бычковский ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Саратовский гос. технический ун-т.

**УДК 624.132.3**

*Александра Анатольевна Ризнык,*

студент

*Эзизмухаммет Овезов,*

студент

*Станислав Борисович Платонов,*

студент

*Алексей Борисович Гончаров,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: aleksriz89@yandex.ru*

*Aleksandra Anatolevna Riznyk,*

student

*Ezizmukhammet Ovezov,*

student

*Stanislav Borisovich Platonov,*

student

*Alexey Borisovich Goncharov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: aleksriz89@yandex.ru*

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ НОЖЕВОЙ СИСТЕМЫ ОТВАЛА БУЛЬДОЗЕРА**

### **MODERNIZATION OF THE BULDOZER BLADE KNIFE SYSTEM**

В статье рассмотрены существующие варианты разработок ножевой системы отвала, проведен анализ теории разработки грунтового массива, рассмотрено влияние угла резания на суммарное сопротивление. Выявлено, что наибольший вклад в сопротивление при разработке грунта вносит сопротивление резанию, величина которого непосредственно зависит от угла резания. В результате анализа источников установлено, что по критерию минимального сопротивления оптимальный угол резания неповоротного отвала находится в диапазоне 28–35°, а наиболее полная выемка из разработанного грунтового массива осуществляется при использовании ножевой системы трапециевидной формы.

*Ключевые слова:* отвал, угол резания, ножевая система, разработка грунтового массива.

The article considers the existing options for the design of the blade knife system, analyzes the theory of the soil utilization, considers the effect of the cutting angle on the total resistance. It was found that the greatest contribution to the resistance during soil utilization is made by the cutting resistance, the value of which directly depends on the cutting angle. As a result of the sources analysis, it was found that according to the criterion of minimum resistance, the optimal cutting angle of the non-rotating blade is in the range of 28–35°, and the most complete excavation from the developed soil massif is carried out using a trapezoidal knife system.

*Keywords:* blade, cutting angle, knife system, soil utilization.

Рабочее оборудование (РО) бульдозеров разделяют на отвалы поворотные и неповоротные. Неповоротные отвалы могут быть выполнены прямыми, полусферическими и сферическими. Большой универсальностью обладает полусферический отвал, применение которого в рабочем процессе возможно со всеми категориями грунта. Недостатком данного исполнения является снижение производительности по сравнению со специализированным исполнением.

Характерными параметрами РО бульдозера являются (рис. 1): угол наклона отвала  $\varepsilon$ ; угол наклона козырька  $\varphi$ ; радиус рабочей поверхности отвала  $R = 0,8 \dots 0,9 H$ ; угол резания  $\delta$ ; задний угол  $\theta$ , угол заострения  $\beta$  ножа отвала (рис 1.1, а). Выбор значений приведенных параметров должен производиться в результате комплексного анализа, включающего как особенности разрабатываемой среды, так и специфики поставленных задач.

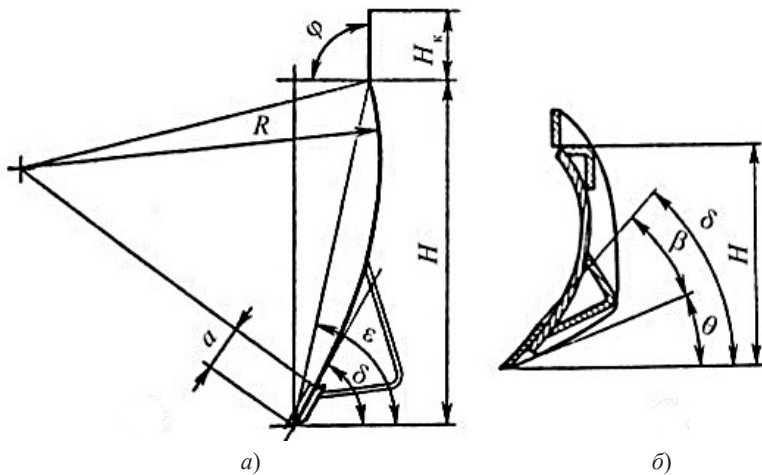


Рис. 1. Основные геометрические показатели отвала бульдозера:  
 а – поворотный отвал; б – неповоротный отвал

Разработка грунта представляет из себя последовательный процесс операций, таких как внедрение ножевой плиты отвала в землю – то есть отделение грунта от массива и последующее образование стружки, призмы волочения, характер которой напрямую зависит

от физико-механических показателей грунта. Следовательно, возникает сопротивление грунта резанию  $P_p$ , которое необходимо учитывать при расчете нагрузок, действующих на отвал.

Также при эксплуатации бульдозера имеют места и иные сопротивления. Рассматривая землеройные машины с рабочим оборудованием в виде отвала, производят расчет и сопротивления перемещению призмы волочения, сопротивления перемещению стружки вверх по отвалу.

Указанные выше сопротивления складываются, образуя общее сопротивление грунта, которое необходимо преодолеть бульдозеру при работе.

Вопросами характера нагрузок, воспринимаемых отвалом, определением наиболее приоритетного угла резания в зависимости от грунтовых условий, выбора расчетных положений освещены в работах В. И. Баловнева, А. Д. Далина, А. Н. Зеленина, Н. Г. Домбровского, А. А. Яркина, Н. Л. Жихарева, З. В. Ничке. Значительное влияние на научные изыскания в области теории и практики конструкции рабочих органов осуществили зарубежные ученые М. Беккер, Р. Кюн и др. [1].

Заметим, что А. Н. Зелениным было изучено «физическое» резание грунтов, влияние условий среды взаимодействия и скорости на усилия резания. А. Н. Зеленин подробно занимался практическими вопросами, связанными с резанием мерзлых и немерзлых грунтов.

Было установлено, что влияние угла резания может быть определено следующими соотношениями:

- для элементарных профилей (угол резания  $\alpha_p = 39 \dots 90^\circ$ )

$$P_p = P_{30} \left( 1 - \frac{90 \cdot \alpha_p}{180} \right); \quad (1)$$

- для периметров (угол резания  $\alpha_p = 20 \dots 60^\circ$ ):

$$P = P_{20} (1 + 0,0075 \alpha_p), \quad (2)$$

где  $P_{30}$ ,  $P_{20}$  – сопротивление резанию грунта при  $\alpha_p = 20^\circ$  и  $\alpha_p = 30^\circ$  соответственно. Для периметров рекомендован угол резания  $30 \dots 35^\circ$ .

В работах делается акцент на том, что такие параметры как угол резания  $\alpha_p$ , угол внешнего трения грунта по металлу  $\phi$  существенно влияют на вертикальную составляющую силы сопротивления

копанию  $P_B$ . Одновременно с этим значение угла  $\varphi$  незначительно изменяется при  $\alpha_p < 45^\circ$ , но имеет тенденцию к увеличению при  $\alpha_p > 45^\circ$ .

Внимательно стоит отнестись к трудам И. С. Суровцева, который проанализировал и разработал оптимальные конструктивные исполнения рабочих органов [2]. Результаты опытов обобщены автором в виде графиков, представленных на рис.2 и описывающих влияние глубины резания на сопротивление грунта копанию, где кривая 1 – для глины и угла резания  $\alpha_p > 55^\circ$ ; кривая 2 – для глины и угла резания  $\alpha_p = 30^\circ$ ; кривая 3 – для суглинка и угла резания  $\alpha_p = 55^\circ$ ; кривая 4 – для суглинка и угла резания  $\alpha_p = 30^\circ$ .

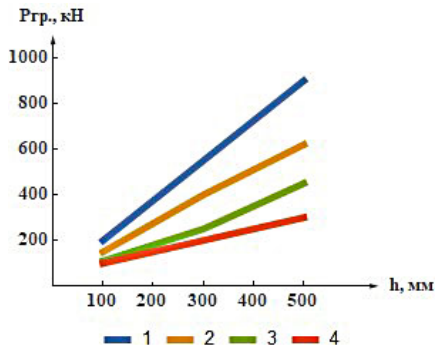


Рис. 2. График зависимости сопротивления грунта копанию от глубины резания  $P_{\text{коп}} = P_{\text{коп}}(h)$

Из графического представления видно, что влияние угла резания на значение сопротивления грунта копанию напрямую связано с глубиной копания и при ее увеличении также возрастает.

И. С. Суровцев выполнил сравнительный анализ влияния угла резания ножевых систем  $30^\circ$  и  $55^\circ$  на сопротивление грунта резанию. При разработке грунта рабочим оборудованием с углом резания  $30^\circ$  сопротивление грунта резанию уменьшается:

- для глины на 44,5 %;
- для суглинка на 45,2 %;
- для супеси на 39,4 %.

Показатели сопротивления грунта копанию уменьшаются:

- для глины на 17,8...26,5 %;
- для суглинка на 12,2...27,1 %;
- для супеси на 1,7...18 %.

Модификацию угла резания отвала выполним на примере ДСТ-УРАЛ ТМ10ГСТ10. Основные характеристики трактора приведены в табл. 1.

Произведем расчет сопротивления резанию  $P_p$ .

$$P_p = L \cdot h \cdot k_p \cdot 10^3; \quad (3)$$

$$P_p = 3,26 \cdot 0,3 \cdot 0,12 \cdot 10^3 = 117 \text{ кН}$$

Таблица 1

**Параметры базовой машины**

| Параметр  | Значение         |
|---|------------------|
| Тип трансмиссии                                 | Гидростатическая |
| Тяговый класс базового трактора                 | 10               |
| Габаритные размеры (Д×Ш×В, мм)                  | 4570×2550×3370   |
| Масса трактора, кг                              | 18 200           |
| Масса трактора с бульдозерным оборудованием, кг | 21 200           |
| Двигатель                                       | ЯМЗ – 236 М2     |
| Мощность двигателя эксплуатационная, кВт        | 132              |
| Удельный расход топлива, г/кВт · ч (г/л.с.ч.)   | 214 (157)        |
| Удельное давление на грунт, МПа                 | 0,076            |

Расчет  $P_p$  при угле резания  $\alpha_p = 30^\circ$ :

$$P_p = l \cdot h_{\text{вн}} \cdot k_p \cdot 10^3, \quad (4)$$

где  $l$  – длина выступающего ножа, м,  $l = 1$  м;  $h_{\text{вн}}$  – глубина резания выступающего ножа, м,  $h_{\text{вн}} = 0,19$ ;

$$P_p^{30} = 1 \cdot 0,19 \cdot 0,12 \cdot 10^3 = 22,8 \text{ кН} \approx 23 \text{ кН}.$$

Расчет  $P_p$  при угле резания  $\alpha_p > 50^\circ$ :

$$P_p^{50} = (L-l) \cdot (h-h_{\text{вн}}) \cdot k_p \cdot 10^3; \quad (5)$$

$$P_p^{50} = (3,26-1,2) \cdot (0,3-0,19) \cdot 0,12 \cdot 10^3 = 27 \text{ кН.}$$

Следовательно,  $P_p^{\text{вн}} < P_p$ ;  $50 \text{ кН} < 117 \text{ кН}$ .

Теоретический анализ взаимодействия ножевой системы с грунтовым массивом позволил сделать выбор в сторону придания выступающему ножу трапециевидной формы [3]. Высота ножа 190 мм, а для улучшения заглубления примем угол резания ВН равным  $\alpha_p^{\text{вн}} = 30^\circ$ .

Таблица 2

**Параметры модернизированного отвала**

| Параметр                                  | Значение |
|---|----------|
| Ширина отвала, мм                         | 3260     |
| Наибольшая высота (от ВН до козырька), мм | 1450     |
| Радиус кривизны лобовой поверхности, мм   | 1140     |
| Угол установки в плане отвала, град.      | 75       |
| Угол резания:                             |          |
| выступающего ножа, град.                  | 30       |
| боковых и среднего ножей, град.           | 50       |
| Высота выступающего ножа, мм              | 190      |
| Масса отвала, т                           | 3        |

Результатом данной работы является разработка отвала, ножевая система которого оснащена трапециевидным выступающим ножом. Движение последнего происходит за счет гидропривода и рычажного механизма.

В ходе исследования:

- проведен анализ существующих вариантов разработок ножевой системы отвала;



- проведен анализ теории разработки грунтового массива;
- разработан вариант ножевой системы отвала сопротивления резанию при использовании которого снижено на 58 %.

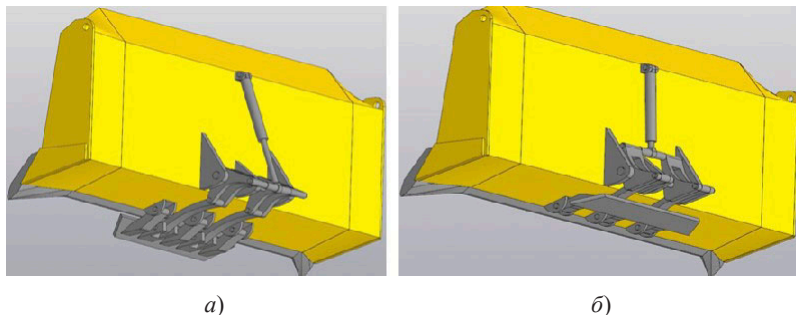


Рис. 3. Модернизированная конструкция отвала (вид сзади):

- a – выступающий нож в рабочем положении;  
б – выступающий нож в сложенном состоянии

### Литература

1. *Лесковец И. В.* Влияние параметров профиля отвала бульдозера на величины сил сопротивления копанью / И. В. Лесковец, Е. И. Берестов, А. П. Смоляр // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2015. – № 2(47). – С. 12–22.
2. *Суровцев И.* Повышение эффективности работы бульдозера при копании грунта / И. Суровцев, П. Никулин, О. Чуйков // Международная научная конференция «Транспорт 2008»-2008. – № 0243 – С. 16–20.
3. *Хмара Л. А.* Рабочий орган землеройной машины выступающим ножом трапецевидной формы / Л. А. Хмара профессор, д. т. н., ПГАСА, В. А. Талалай, аспирант, А. О. Белинский, аспирант, ДонНАСА.

**УДК 629.331**

|  |  |
|--|--|
| <i>Константин Александрович Шахвердов,</i><br>студент                          | <i>Konstantin Aleksandrovich Shakhverdov,</i><br>student                     |
| <i>Андрей Аркадьевич Григорьев,</i><br>студент                                 | <i>Andrey Arkadievich Grigoriev,</i><br>student                              |
| <i>Владимир Викторович Ильин,</i><br>студент                                   | <i>Vladimir Viktorovich Ilyin,</i><br>student                                |
| <i>Дмитрий Валерьевич Комзалов,</i><br>студент                                 | <i>Dmitry Valeryevich Komzalov,</i><br>student                               |
| (Санкт-Петербургский государственный<br>архитектурно-строительный университет) | (Saint Petersburg State University<br>of Architecture and Civil Engineering) |
| <i>E-mail: kshakhverdov@yandex.ru</i>  | <i>E-mail: kshakhverdov@yandex.ru</i>  |

**ОСОБЕННОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ  
НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

**FEATURES OF LOAD-BEARING STRUCTURES  
OF GROUND VEHICLES**

Спортивные соревнования с участием транспортных средств позволяют на практике проверить и оценить в тяжелых условиях работу несущих конструкций. Автогонки – один из самых популярных и зрелищных видов спорта в современном мире. Он прошел долгий путь от заездов по дорогам общего пользования до специализированных закрытых стадионов, настоящих «дворцов автоспорта». Многообразие гонок поражает, но о какой бы гоночной серии ни шла речь, основных идеологических составляющих у нее будет всего три – трасса, пилот и автомобиль. В данной статье рассматриваются различные несущие конструкции наземных транспортных средств на примере кузовов гоночных автомобилей.

*Ключевые слова:* гоночный автомобиль, несущая конструкция, несущий кузов, пространственная рама, спортивное транспортное средство.

Sports competitions with the participation of vehicles make it possible to check and evaluate in practice the work of load-bearing structures in difficult conditions. Auto racing is one of the most popular and spectacular sports in the modern world. He has come a long way from races on public roads to specialized indoor stadiums, real “palaces of motorsport”. The variety of races is amazing, but no matter what racing series we are talking about, it will have only three main ideological components – the track, the pilot and the car. This article discusses various load-bearing structures of ground vehicles on the example of racing car bodies.

*Keywords:* racing car, load-bearing structure, load-bearing body, spatial frame, sports vehicle.

Несущий кузов (НК). Данный тип несущей конструкции используется в младших гоночных сериях, где у команд не такие большие бюджеты, и разрабатывать болид с нуля нет возможности.

Конструкция кузова состоит из комбинации формованных металлических панелей разной формы, соединенных в единую конструкцию точечной контактной сваркой. Корпус относительно легкий и очень прочный.

Этот тип конструкции часто сравнивают с яичной скорлупой ввиду того, что если вы попытаетесь раздавить яйцо, приложив продольную силу с противоположных концов, то это будет нелегко и практически невозможно. Это связано с тем, что вся сила не сосредоточена в одном месте, а рассредоточена по корпусу. НК работает аналогично. В рамных автомобилях, используемых до появления НК, рама несла все нагрузки, а кузов выполнял только функциональные нужды. В случае НК несущие элементы являются частью корпуса, который объединяет в себе множество металлических листов, сваренных вместе и образующих единую систему. Вклеенные автомобильные стекла (лобовое и заднее) также влияют на общую жесткость. Учитывая изложенное, нагрузка распределена по всему кузову.

Основными силовыми элементами передней части являются лонжероны. Это полые продольные элементы, которые прикрепляются к нижней передней части кузова, являются наиболее прочными элементами кузова и изготавливаются из высокопрочной стали. Лонжероны прикреплены частично к щиту моторного отсека и частично к нижней стороне передних брызговиков кузова. Лонжероны имеют зоны смятия, спланированные случайно, для гашения энергии при лобовом ударе в случае аварии.

Фартуки (брызговики) передних крыльев – внутренние панели, частично приваренные к лонжеронам, размещенные вокруг колеса и защищающие его от грязевых капель. Кроме того, фартуки также дополняют перечисленные ранее элементы, придающие жесткость НК.

Верхнее усиление фартука – структурный элемент передней части кузова с крепящимися на него передними крыльями.

Чашками называются усиленные элементы кузова (сформированные как часть брызговиков кузова), удерживающие верхнюю часть стоек подвески.

Рамка радиатора (РР, поддержка радиатора, подкапотная рамка) является структурным элементом кузова, размещенным в передней части НК и удерживающим радиатор системы охлаждения, замок капота и другие смежные элементы транспортного средства. РР крепится к лонжеронам и фартукам, придает жесткость передней части НК.

Щит моторного отсека (ЩМО или передняя перегородка) – это панель, разделяющая переднюю секцию НК и центральную секцию салона. ЩМО является вспомогательным элементом в случае защиты водителя и пассажиров при возникновении пожара в моторном отсеке. За ЩМО следует несущая конструкция, защищающая в момент дорожно-транспортного происшествия пассажиров внутри.

Передние крылья располагаются рядом с дверьми, доходят до бампера, закрывают подвеску и фартуки передней части НК. На современных автомобилях крылья в большинстве случаев прикручены болтами к кузову.

Усилитель бампера прикручен к передней части лонжеронов и предназначен для гашения удара при аварии.



Рис. 1. Пример конструкции несущего кузова

Пространственная несущая рама (ПНР). ПНР впервые появилась в крупном автомобильном спорте в 20-х годах 20-го столетия. ПНР часто выполнялась из тонких трубок (легированная сталь, изделиям из которой кручение несвойственно).

Стоит отметить, что трубные конструкции не просто выдерживают нагрузки на изгиб, в связи с чем в конструкторских бюро часто наблюдалось стремление к нагружению трубок только на сжатие или растяжение, но не изгиб. В настоящее время в автомобильном спорте ПНР уступили место монококам, но получили второе дыхание в области строительства автобусов. Так, до начала второго тысячелетия практически каждый минивэн Renault Espace был выполнен исключительно на ПНР (трубчатый каркас, обшитый кузовными панелями). Отказ от данного типа производства произошел в целях безопасности и удешевления.

Рамная конструкция транспортного средства называется пространственной в том случае, когда выполненный из стальных труб каркас представляет из себя не плоскую деталь, объединяющую шасси и кабину. Данный тип преимущественно характерен для спортмашин, чаще попадающих в аварии, чем другие.

Непосредственно на НК как двигатель, трансмиссия пр. узлы крепятся облицовочные кузовные панели.

К примеру, багги первоначально строился с ПНР, а гражданский экземпляр переделывался в спортивный путем сваривания трубчатого каркаса внутри существующего НК, поэтому именно данный каркас безопасности нельзя считать полноценной ПНР. Спортивные машины дорогого сегмента представляют собой капсулу из карбона (разновидность армированного пластика), по жесткости не уступающую металлической раме при значительно меньшей массе.

Несущий монокок из композитных материалов (НМ). Конструкция НМ широко применяется в транспортных средствах, обустроенных специально для гонок. С 1960-х годов НМ стала применяться в машинах с открытыми колесами, позднее (после 1990-х) – в гоночных прототипах. Эта конструкция, в дополнение к преимуществам жесткости на кручение, описанным выше, позволяет использовать двигатель в качестве держателя транспортного средства, что помогает снизить вес всей конструкции трансмиссии ходовой части, устраняя необходимость в нескольких силовых компонентах.

Единые дорожные машины также имеют скорлупные несущие кузова-монококи, часто выполненные из неметаллических материалов-композитов – углепластика и углеволоконно-кевларового композита. В качестве основания применяется сотовая структура из алюминиевых сплавов. В то же время в целях безопасности часто в НК используют усиленный монокок (полумонокок). При этом для крепления наиболее массивных агрегатов, как правило, используют прикреплённый к кузову подрамник.



Рис. 2. Несущий монокок из композитных материалов

### Литература

1. *Доронина Н. П.* Основы производства и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования / Н. П. Доронина. – Москва : Гостехиздат, 2014. – 702 с.
2. *Лозовецкий В. В.* Гидро- и пневмосистемы транспортно-технологических машин/В. В. Лозовецкий. – М. : Лань, 2012. – 904 с.
3. *Синельников А. Ф.* Основы технологии производства и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования. Учебник для студентов учреждений высшего образования. Гриф УМО МО РФ/ Синельников А. Ф. – М. : Академия (Academia), 2014. – 682 с.
4. *Степанов М. А.* Механическое оборудование и технологические комплексы/М. А. Степанов. – М. : НИУ МГСУ, 2015. – 670 с.
5. *Хорош А. И.* Дизельные двигатели транспортных и технологических машин. Учебное пособие / Хорош Алексей Иванович. – М. : Лань, 2012. – 150 с.

---

---

# **СЕКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

**УДК 621.313.3**

*Евгений Валерьевич Власов,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: yevgeniy.vlasov.98@bk.ru*

*Evgeniy Valerevich Vlasov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: yevgeniy.vlasov.98@bk.ru*

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ**

### **CLASSIFICATION OF PRODUCTION WASTE DURING THE OPERATION OF ELECTRIC CARS**

В статье раскрываются основные способы классификации производственных отходов, образующихся при эксплуатации автомобилей на электротяге. Проведен анализ имеющихся методик расчета образования производственных отходов при эксплуатации автомобилей с классическим ДВС; автор предлагает использовать данные методики расчета для одного типа производственных отходов эксплуатации электромобилей. Автор сделал выводы о том, что необходимо разрабатывать методики расчета производственных отходов при эксплуатации электромобилей, которые отличаются от отходов эксплуатации классических автомобилей, а также необходимо проводить оценку количества аккумуляторов, которые необходимо утилизировать за определенный период времени для подготовки материальной базы утилизации.

*Ключевые слова:* электромобили, аккумуляторная батарея, производственные отходы, классификация отходов, методики расчета.

The article reveals the main methods of classification of industrial waste generated during the operation of electric vehicles. The analysis of the available methods for calculating the generation of industrial waste during the operation of cars with a classic internal combustion engine is carried out, the author proposes to use

these calculation methods for one type of industrial waste from the operation of electric cars. The author concluded that it is necessary to develop methods for calculating the resulting industrial waste during the operation of electric cars, which differ from the waste from the operation of classic cars, and it is also necessary to assess the number of batteries that must be disposed of over a certain period of time to prepare the material base for recycling.

*Keywords:* electric cars, accumulator battery, industrial waste, waste classification, calculation methods.

За последние 4 года парк электромобилей в стране вырос на 98,7%. На момент начала 2021 года было зарегистрировано 10 863 автомобиля на электротяге (0,02% от общего числа автопарка в стране). По мере увеличения автопарка электромобилей будет увеличиваться и количество производственных отходов, образующихся при их эксплуатации [1].

Для того, чтобы подготовить материально-техническую базу, нормативную базу и исполнителей, обеспечивающих переработку и утилизацию продуктов эксплуатации электромобилей, необходимо вводить классификацию производственных отходов, получаемых в процессе эксплуатации и обслуживания автомобилей на электротяге.

Все производственные отходы, образующиеся при эксплуатации электромобилей, можно поделить на 2 группы:

1) производственные отходы, схожие с отходами, возникающими при эксплуатации классических автомобилей;

2) производственные отходы, отличные от отходов, возникающих при эксплуатации классических автомобилей.

К первой группе отходов можно отнести:

- Отработанные накладки тормозных колодок (захоронение);
- лом черных металлов (переработка);
- пластиковый лом (переработка);
- огарки сварочных электродов (переработка);
- шины с металлокордом (переработка);
- шины с тканевым кордом (переработка);
- отработанное трансмиссионное масло (захоронение/переработка);
- отработанный электролит аккумуляторной батареи (захоронение);
- осадки мойки автотранспорта (захоронение/переработка).



Самыми опасными из данных отходов являются отработанные трансмиссионное масло и электролит свинцово-кислотной аккумуляторной батареи, которые имеют классы опасности от 1 до 3.

По всем этим типам отходов есть различные методики расчета нормативов образования производственных отходов, которые можно применить для предприятий, использующих электромобили [2].

Например, методика расчета отработанных автомобильных шин. По данной методике есть формула расчета, с помощью которой, зная количество автомашин определенной марки, количество шин, вес одной изношенной шины, среднегодовой пробег автомобиля и норму пробега подвижного состава до замены шин возможно рассчитать массу отработанных автомобильных шин, тонн на год. Данная методика подходит как для шин с металлокордом, так и для шин с тканевым кордом.

Если говорить про отходы, различные от производственных отходов эксплуатации классических автомобилей с ДВС, то его можно поделить на два типа:

- Отходы, связанные с выводом из эксплуатации электродвигателей;
- Отходы отработавших аккумуляторных батарей.

Если говорить про утилизацию электродвигателей, то здесь нет разработанных методик расчета получаемого количества отходов, которыми могли бы воспользоваться автопредприятия.

Как правило, на территории России вышедшие из строя электродвигатели не подвергаются ремонту, а заменяют на новые, либо отправляют на ремонт на завод изготовитель. Это связано с отсутствием необходимого числа квалифицированных работников, способным сделать качественный ремонт агрегата. Кроме этого, утилизация электродвигателей не является сложной и трудозатратой процедурой, а на выходе можно получить чистую электротехническую медь и другие ценные металлы.

Основные экологические проблемы связаны с утилизацией аккумуляторной батареи. Литий-ионная аккумуляторная батарея имеет малый срок службы и достаточно быстро выходит из строя. Кроме этого, она является неремонтопригодной и подлежит замене.

При выводе литий-ионной батареи из эксплуатации образуются отходы неповрежденных литий-ионных аккумуляторов, имеющие

2 класс опасности и элементы литиевых аккумуляторных батарей, так же имеющие 2 класс опасности (2 класс опасности – высоко опасные отходы. Ко второму классу опасности относятся такие вредные для здоровья человека вещества как галогены (бром и хлор), свинец и так далее) [3].

Все это подводит к выводам:

- Необходимо разрабатывать методики расчета получаемых производственных отходов при эксплуатации электромобилей, которые отличаются от отходов эксплуатации классических автомобилей.
- Также необходимо проводить оценку количества аккумуляторов, которые необходимо утилизировать за определенный период времени (1 календарный год) для подготовки материальной базы утилизации.

#### Литература

1. Аналитическое агентство «Автостат». URL: <https://www.autostat.ru/news/47243/> (дата обращения 12.09.2021).
2. Приказ № 128 от 27.09.94 г. Комитета по управлению городским хозяйством Мэрии Санкт-Петербурга. Приложение 1. Нормы накопления твердых бытовых отходов.
3. Классификатор производственных отходов. URL: <https://ekologicheskoe-proektirovanie.ru/> (дата обращения 24.09.2021).
4. *Cerdas F.* et al. in Recycling of Lithium-Ion Batteries. 2018. P. 83–97.
5. *Arora S. & Kapoor A.* in Behaviour of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles (eds Pistoia, G. & Liaw, B.). 2018. P. 175–200.

УДК 656.131.7

*Владислав Витальевич Матвиюк,*  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: vladmatviyuk@gmail.com*

*Vladislav Vitalievich Matviyuk,*  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: vladmatviyuk@gmail.com*

## **АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ПЕРЕХОДА НА ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТ В РОССИИ С ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ**

### **ANALYSIS OF THE PROSPECTS FOR THE TRANSITION TO ELECTRIC TRANSPORT IN RUSSIA FROM AN ENVIRONMENTAL POINT OF VIEW**

Ни для кого не секрет, что в настоящее время довольно остро стоит вопрос поиска альтернативных источников углеводородного сырья, которые используются в двигателях внутреннего сгорания. Проблема состоит в том, что их запасы, несмотря на кажущуюся неограниченность, иссякают день ото дня. Как показали исследования, одним из самых перспективных источников энергии для автомобильного транспорта является электричество. Электрокары, по мнению большинства, – наиболее экологичные средства передвижения. Но так ли это на самом деле? В статье проведен анализ реальной экологичности электротранспорта. Рассмотрены самые актуальные вопросы, связанные с экологическими аспектами перехода на электрический транспорт, все плюсы и минусы данного подхода.

*Ключевые слова:* экологичность, легковые электрические транспортные средства, электромобиль, инфраструктура, экологически чистый вид транспорта, декарбонизация.

It is not a secret for anyone that at present the question of finding alternative sources of hydrocarbon raw materials, which are used in internal combustion engines, is quite acute. The problem is that their reserves, despite the seeming unlimitedness, are drying up day by day. Studies have shown that one of the most promising energy sources for road transport is electricity. Electric cars are considered by most to be the most environmentally friendly means of transportation. But is it really so? The article analyzes the real environmental friendliness of electric transport. The most pressing issues related to the environmental aspects of the transition to electric transport, all the pros and cons of this approach are considered.

*Keywords:* eco-friendliness, electric cars, electric vehicle, infrastructure, environmentally friendly mode of transport, decarbonization.

Современному мировому сообществу в свете происходящих событий приходится решать множество вопросов, многие из которых тесно связаны с загрязнением атмосферы, а как следствие – с глобальным потеплением. И одной из важнейших задач на сегодня является задача уменьшения отравления атмосферы продуктами «жизнедеятельности» автомобильного транспорта – выхлопными газами. И эту проблему нельзя откладывать на завтра. Необходимо решать ее уже сейчас!

Автомобили, оснащенные двигателями внутреннего сгорания (ДВС) являются крупнейшими на Земле источниками выбросов парниковых газов. Согласно последним исследованиям на транспортный сектор приходится 23 % всех выбросов парниковых газов в мире. Воздействие ДВС на окружающую среду весьма велико. Оно неизбежно приводит к усилению так называемого «парникового эффекта», загрязнению воздуха и водоемов, и даже эрозии почв.

Во многих мегаполисах, например таких как Москва и Санкт-Петербург, на долю автотранспорта приходится до 90 % всех выбросов. Они способствуют увеличению эффекта глобального потепления, а шумы вибрации, как и электромагнитное воздействие, в свою очередь, не лучшим образом влияют на здоровье проживающих в них людей.

Самым опасным продуктом, образующимся при сгорании топлива в двигателе машины, является углекислый газ. Он является одним из основных парниковых газов, которые сильно влияют на изменение климата. Происходит это потому, что все двигатели в процессе эксплуатации при ненадлежащем уходе неизбежно изнашиваются и становятся не в состоянии до конца сжигать топливо. Это чревато выбросом большого количества токсичных веществ, в частности, оксидов углерода и азота – соединений, приводящих к заболеваниям органов дыхания человека.

Глобальная декарбонизация, т.е. переход в глобальном масштабе к низкоуглеродному развитию, по мнению многих ученых, является ответом на глобальное изменение климата, вызванное антропогенными выбросами парниковых газов в атмосферу. Цель декарбонизации –

сокращение, а в идеале исключение этих выбросов, чтобы тем самым затормозить климатические изменения и минимизировать наносимый ими ущерб. Более 110 стран заявили о своем стремлении достигнуть углеродной нейтральности к 2050 г. Ключевым документом в этой области является Парижское соглашение, участники которого – крупнейшие экономики мира, в том числе США (вернулись в состав участников в 2021 г.), Китай, Европейский союз и Россия. Меры по декарбонизации носят не только внутренний характер, но и внешний. Это подразумевает ограничение импорта «грязных» товаров. Например, ЕС планирует ввести пограничный механизм, предполагающий отслеживание «углеродного следа» импортируемой продукции.

Развитие индустрии электромобилей на накопителях энергии (батареях), и в части потребления, и в части производства, теоретически может внести значительный вклад в декарбонизацию экономики и повышение качества жизни в крупных городах [1].

Тема освоения электричества, как варианта «топлива» для автотранспорта на сегодняшний день актуальна как никакая другая. Электромобиль, во-первых, является относительно новым видом транспорта, который может для своего перемещения обходиться без использования продуктов горения топлива. Во-вторых, он обладает высокой степенью экологичности, а также не лишен всех преимуществ обычных автомобилей с ДВС. За электромобилями, доля которых в развитых странах неуклонно растет, многие видят новое будущее [2]. Но соответствует ли это действительности? Правда ли что переход на электрическую тягу уберезет наш мир от экологической катастрофы? Попробуем разобраться в этом вопросе.

Основным аргументом, который можно привести для того, чтобы опровергнуть теорию экологичности электрического транспорта является то, что для перевода человечества на полную «электромобилизацию» необходимо огромное количество новых электростанций. К тому же, не стоит забывать, что практически все уже существующие на данный момент, функционируют по принципу сжигания топлива (в большинстве случаев – угольного или нефтяного), а значит, весь экологический эффект от «чистых электромобилей» безжалостно перечеркивается громадным количеством вредных выбросов от электростанций.

В одной только России, две трети электроэнергии (63–68 %) вырабатывается на тепловых электростанциях, где основным топливом является газ или уголь, что уже ничего хорошего не предвещает! И только оставшаяся треть – на АЭС и ГЭС, которые можно с натяжкой считать экологически чистыми. Поэтому говорить об экологичности электромобилей можно лишь при условии их эксплуатации в регионе с подобной «экологичной энергетикой», что в принципе в настоящее время практически недостижимо [3].

Еще одним «камнем в огород» сторонников экологичности электротранспорта является катастрофическая неравномерность графика нагрузки. Днем потребление электроэнергии достигает максимума, ночью мы имеем избыток энергии, которая не используется. А крупные электростанции сложные и очень инертные сооружения, работают круглосуточно в одном и том же режиме, с небольшими возможностями для регулирования объемов производимой энергии. Поэтому, эксплуатация электромобилей может быть экологичной при условии, что зарядка их аккумуляторов будет происходить в ночное время и станет своеобразным регулятором. Тем более, что это будет и экономически выгоднее (себестоимость электроэнергии в ночное время ниже, а нагрузка на станции минимальна) [4].

Не стоит и забывать об экологических проблемах, связанных с утилизацией отслуживших свой срок батарей электромобилей. Сегодня рециркуляция литий-ионных батарей, в основном, происходит при помощи плавления батарей до шлака, а затем используются методы химического разделения, которые восстанавливают некоторые металлы, такие как кобальт. Данный метод подразумевает пирометаллургические процессы, которые являются энергоемкими и производят побочные токсичные газы, а извлекаемые материалы часто имеют низкое качество [5].

Но, несмотря на все эти проблемы, электромобили все-таки способны внести наибольший вклад в снижение выбросов парниковых газов в атмосферу, особенно если при этом будут использоваться экологически чистые источники электроэнергии, такие как энергия Солнца и ветра, малые гидроэлектростанции, биомасса, термальна́я энергия океана, энергия приливов, отливов и волн, геотермальна́я энергия, топливные элементы, а также связанные с ними технологии хранения и преобразования энергии.

### Литература

1. Перспективы развития рынка электротранспорта и зарядной инфраструктуры в России: экспертно-аналитический доклад / Д. В. Санатов [и др.]; под ред. А. И. Боровкова, В. Н. Княгинина. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021.

2. *Проскурин И. И.* Развитие экосистемы электрозаправок в Санкт-Петербурге / И. И. Проскурин // *Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: Сборник трудов научно-практической и учебной конференции, Санкт-Петербург, 04–06 июня 2019 года.* – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2019. – С. 53–57. Тиматков В. В. *Электромобиль – предвестник грядущего электрического мира* // *Энергетическая политика.* М. : Институт энергетической стратегии, 2016. – № 3. – С. 86–97.

3. *Германюк Г. Ю.* *Электромобили в России* / Г. Ю. Германюк, Л. А. Максименкова // *Химия. Экология. Урбанистика.* – 2017. – Т. 2017. – С. 33–37.

4. *Семенькова М. А.* Экологические аспекты использования электромобилей в России / М. А. Семенькова // *Безопасность жизнедеятельности: наука, образование, практика: Материалы VII Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием: сборник научных статей, Южно-Сахалинск, 23–24 ноября 2016 года* / Под редакцией О. А. Федорова, В. В. Моисеева. – Южно-Сахалинск: Сахалинский государственный университет, 2017. – С. 170–173.

5. Возможная проблема утилизации электромобилей. URL: <https://ruslom.com/rastuschee-chislo-elektromobiley-tait-v-sebe-sereznuyu-problemu-utilizatsii-okonchani-iroka-ih-ekspluatatsii/> (дата обращения: 12.10.21).

**УДК 62-144.3**

*Алексей Леонидович Пенкин,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*Софья Александровна Метлякова,*  
магистрант  
(Петербургский государственный  
университет путей сообщения  
Императора Александра I)  
*E-mail: apenkin1@gmail.com,*  
*halbertfly@yandex.ru*

*Alexey Leonidovich. Penkin,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint-Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*Sofya Aleksandrovna Metlyakova,*  
Master's degree student  
(Emperor Alexander I  
St. Petersburg  
State Transport University)  
*E-mail: apenkin1@gmail.com,*  
*halbertfly@yandex.ru*

**ПОВЫШЕНИЕ ОДНОРОДНОСТИ ГАЗОВОЗДУШНОЙ  
СМЕСИ ПРИ ВНЕШНЕМ СМЕСЕОБРАЗОВАНИИ  
В ДВИГАТЕЛЕ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

**INCREASING THE UNIFORMITY OF THE GAS-AIR  
MIXTURE FOR EXTERNAL MIXTURE FORMATION  
IN THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

Исследуется влияние на смесеобразование турбулизатора во впускном трубопроводе двигателя внутреннего сгорания, использующего природный газ в качестве моторного топлива, при различных давлениях подачи газа и воздуха. Проведено моделирование движения природного газа и воздуха и их поведения при попадании в цилиндр двигателя. Проводится сравнение наличия накопления природного газа во впускном коллекторе при распределенной и центральной подаче, а также однородности полученной смеси в трех различных сечениях в цилиндре. Проведено моделирование смесеобразования при использовании в качестве топлив природного газа и водорода. Сделан вывод о более перспективном способе подачи топлива.

*Ключевые слова:* газовый двигатель, природный газ, газозвудушная смесь, однородность смеси, турбулизатор.

Investigated the effect of a mixer in the intake manifold of an internal combustion engine with natural gas as a motor fuel at various pressures of gas and air. Simulated the flow of natural gas and air through the intake manifold and intake channels and their behavior when it enters the engine cylinder. Comprised the natural gas accumulation in the intake manifold with distributed and central delivery. Comprised the homogeneity of the resulting mixture in three different sections in the cylinder.



Simulated mixture formation with natural gas and hydrogen as fuels and evaluated the homogeneity of mixture. Made a conclusion about a better method of fuel supply.

*Keywords:* gas engine, natural gas, gas-air mixture, homogeneity of the mixture, mixer.

Повышение эффективности использования газовых топлив: природного газа и водорода – на автомобильных двигателях во многом определяется качеством перемешанности смеси газа и воздуха перед ее подачей в цилиндры двигателя, а также качеством ее сгорания [1].

Для повышения однородности смеси и ее полноты сгорания используются различные методы, например, рассмотренные в работах [2], [3] [4], [5], [6]. Одним из них является установка турбулизатора во впускном трубопроводе при центральной подаче топлива. В октябре 2021 года на Петербургском Международном газовом форуме фирмой АО «РариТЭК Холдинг» был представлен трактор МТЗ 1221.2 с двигателем ММЗ 262 на природном газе с центральной подачей топлива [7]. Для повышения качества газозоудшной смеси перед впускным коллектором был установлен турбулизатор, который представлял собой несколько металлических пластин, расположенных во впускном трубопроводе по кругу и сходящихся в центре трубы, образуя при этом «звезду». Штуцеры для подачи природного газа в количестве 4 штук диаметром 4 мм находились немного выше по трубе и располагались на ее верхней поверхности.

Для проверки эффективности данного метода было проведено исследование. Была создана модель турбулизатора во впускном коллекторе, причем была взята модель впускного коллектора двигателя Cummins ISF2.8, и были приняты следующие геометрические размеры одной пластины турбулизатора: 20×20×3 мм, а также была создана модель без турбулизатора, причем место подачи газа оставалось в том же месте.

Для оценки качества смеси использовались возможности программы Ansys Fluent, где были построены контуры распределения концентрации метана и рассчитан коэффициент однородности (uniformity index) [8], [9]. Чем ближе коэффициент однородности к значению 1, тем выше однородность смеси, а чем ближе к 0 – тем ниже. В качестве граничных условий на входе для воздуха использовались давле-

ния 1 и 1,5 бар (были рассмотрены два случая), а для метана – давление 3,5 бар. Контуры распределения концентрации были построены для трех сечений в цилиндре: 1 – немного ниже впускных клапанов, 2 – примерно в середине и 3 – внизу цилиндра (рисунок 1).

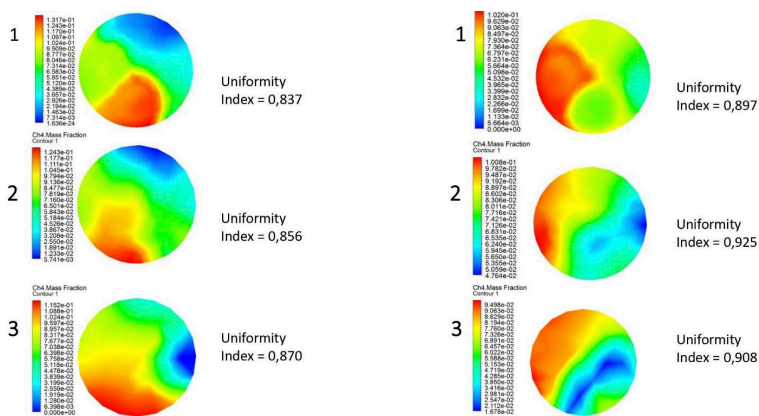


Рис. 1. Распределение концентрации метана в сечениях 1, 2, 3 в модели с турбулизатором (слева) и без него (справа)

Как видно из рисунка выше, турбулизатор во впускном трубопроводе не показал свою эффективность в данных условиях. В сечениях случая с турбулизатором образуются заметные зоны с максимальными и минимальными концентрациями, в то время как в случае без турбулизатора они выражены не так сильно.

Недостатком центрального способа подачи топлива является отсутствие ориентации порции впускаемого газа на какой-либо из цилиндров, что приводит либо к необходимости непрерывной подачи газа, либо к необходимости мириться с рассогласованностью времени впуска газа и времени впуска смеси в цилиндр, что приводит к накоплению газа в полостях впускного коллектора. Эти проблемы решает распределенная подача топлива.

При распределенной подаче газовые форсунки располагают так, чтобы выпуск производился как можно ближе к впускным каналам. Чтобы оценить эффективность данного метода была построена другая

модель. В качестве основы был взят тот же впускной коллектор двигателя Cummins ISF2.8, к которому подводился канал для впуска газа.

В качестве граничных условий на входе для воздуха использовались давления 1,2 бар, а для метана – давление 5,7 бар. Контуры распределения концентрации были построены в тех же трех сечениях в цилиндре (рис. 2).

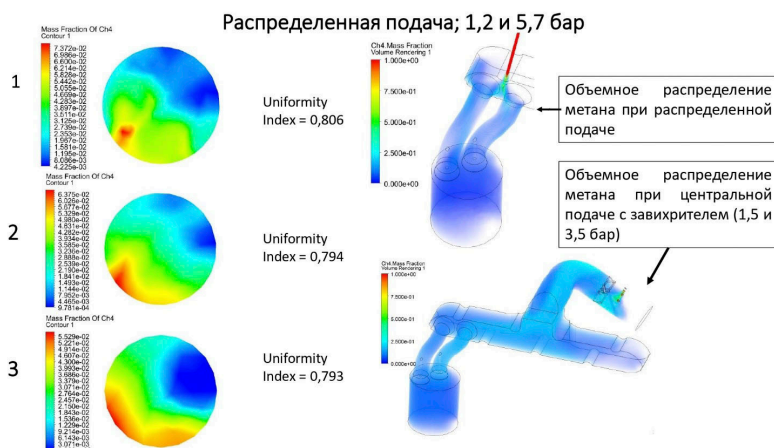


Рис. 2. Распределение концентрации метана в сечениях 1, 2, 3 при распределенной подаче: а – концентрация метана в сечениях 1, 2, 3; б – объемное распределение метана

Как видно по рис. 2, при распределенной подаче накопление газа перед впускными каналами значительно уменьшается по сравнению с центральной подачей. Однако при этом заметно уменьшается коэффициент однородности и увеличиваются зоны сечений с минимальной концентрацией.

Также был смоделирован случай распределенной подачи, когда в качестве топлива используются водород и природный газ, которые подаются через два канала, отстоящих друг от друга на 10 мм, причем водород подавался дальше от впускных каналов, чем природный газ. Использовались те же граничные условия, что и для предыдущего случая, давление на входе для водорода 5,7 бар. Результаты представлены на рис. 3.

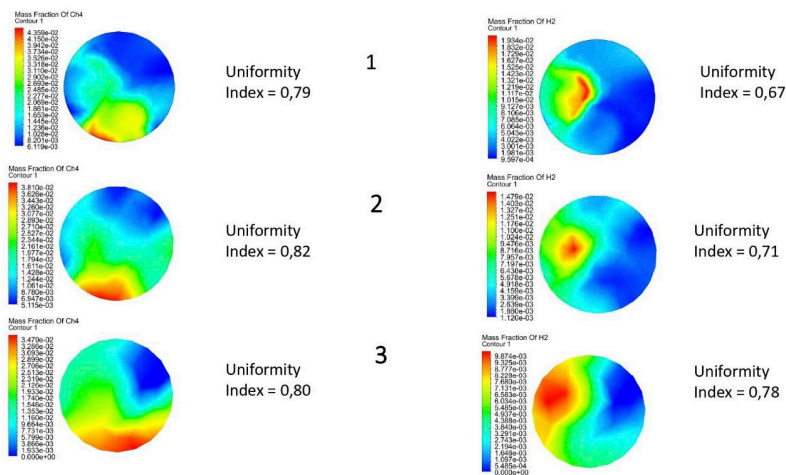


Рис. 3. Распределение концентрации метана (слева) и водорода (справа) в сечениях 1, 2, 3 при распределенной подаче

Таким образом, были проанализированы способы подачи газового топлива и сделаны следующие выводы:

1. Турбулизатор оказался неэффективен при центральной подаче: однородность полученной смеси была ниже, чем в случае без турбулизатора;
2. Центральная подача ведет к накоплению природного газа во впускном коллекторе, при распределенной подаче проблема минимизируется;
3. При распределенной подаче однородность газозвдушной смеси ниже, однако ведется разработка метода по повышению ее эффективности.

### Литература

1. Генкин К. И. Газовые двигатели/ М., Машиностроение. 1977. 196 с.
2. Фялко Н. М., Шеренковский Ю. В., Майсон Н. В. [и др.] Влияние пластинчатых турбулизаторов потока на характеристики течения и смешения топлива и окислителя в цилиндрическом стабилизаторном горелочном устройстве // Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.06., С. 114–121.

3. *Hussein Adel Mahmood, Nor Mariah. Adam, Sahari B. B., Masuri S. U.* Design of Compressed Natural Gas-Air Mixer for Dual Fuel Engine Using Three-Dimensional Computational Fluid Dynamics Modeling, *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*. 2017. Vol. 14. 1–18.

4. *Supee A., Mohsin R., Majid Z. A., Raiz M. I.* Effects of Compressed Natural Gas (CNG) Injector Position on Intake Manifold towards Diesel-CNG Dual Fuel (DDF) Engine Performance // *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*. 70:1 (2014). 107–115.

5. *Jemni M. A., Kantchev G., Abid M. S.* Intake manifold design effect on air fuel mixing and flow for an LPG heavy duty engine // *International journal of energy and environment*, Vol. 3, Issue 1. 2012. P. 61–72.

6. *Пенкин А. Л., Метлякова С. А.* Струйный насадок на газовую форсунку двигателя внутреннего сгорания // *Вестник гражданских инженеров*. 2021. № 1 (84). С. 164–168.

7. АО «РариТЭК Холдинг» приняла участие в Петербургском Международном газовом форуме 2021. URL: <https://raritek.ru/press-center/news/892909/> (дата обращения: 16.10.2021).

8. *Курбангалеев А. А., Тазюков Ф. Х., Лутфуллина Г. Н., Данилов Ю. М.* Проектирование малогабаритных трубчатых аппаратов – МТА как смесителя жидких компонентов с помощью 3d моделирования / А. А. Курбангалеев, Ф. Х. Тазюков, Г. Н. Лутфуллина, Ю. М. Данилов // *Вестник казанского технологического университета*. 2013. № 21. С. 261–263.

9. *Данилов Ю. М., Мухаметзянова А. Г., Дебердеев Р. Я., Берлин А. А.* Оценка эффективности перемешивания жидких компонентов в малогабаритных трубчатых турбулентных аппаратах // *Теоретические основы химической технологии*. 2011. том 45. № 1. С. 81–84.

**УДК 629.3.083.4**

*Сергей Дмитриевич Рассказов,*  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: rsd-84@mail.ru*

*Sergey Dmitrievich Rasskazov,*  
student

(Saint Peterburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: rsd-84@mail.ru*

## **КОРРЕКТИРОВКА НОРМАТИВОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА**

### **ADJUSTMENT OF STANDARDS FOR MAINTENANCE AND REPAIR**

В данной научной работе раскрываются понятия корректировки и анализа проведения технического обслуживания и ремонта автомобилей. Даются сравнительные характеристики нормативов проведения технического обслуживания по факту и по технической документации автомобиля, а также нормативов, заложенных в регламентах по обслуживанию автомобильного транспорта Российской Федерации. Для сравнения трудоемкости работ, периодичности обслуживания было выбрано наиболее подходящее направление для данной работы, а именно подвижной состав автобусных парков территории Санкт-Петербурга на период 2021 г. Также в данной работе произведен анализ соответствия ОНТП-01-91 нынешним требованиям завода-изготовителя.

*Ключевые слова:* регламенты проведения ТО и ремонта, корректировка нормативов по ТО и ремонту, соответствие нормативов современным требованиям.

I reveal the concepts of correction and analysis of the maintenance and repair of vehicles in this scientific work. Comparative characteristics are given between the standards of maintenance in fact and according to the technical documentation of the vehicles, as well as the standards laid down in the regulations for the maintenance of automotive transport of the Russian Federation. To compare the complexity of the scientific work, the frequency of maintenance, I have chosen the most suitable direction for this work, namely the rolling stock of bus fleets in St. Petersburg for the period 2021. Also in this work, an analysis of the compliance of ONTP-01-91 with the current requirements of the manufacturer will be carried out.

*Keywords:* maintenance and repair regulations, adjustment of maintenance and repair standards, compliance of standards with modern requirements.

Корректирование нормативов периодичности обслуживания автомобилей усовершенствуется производителями ежегодно с учетом изменения конструкции автомобиля для каждой категории транспорта. Усовершенствования происходят в результате изменения характеристик моторных масел, состава применяемых металлов для изготовления сопряженных деталей и узлов.

Изменения коснулись и бортовых систем управления, что в итоге привело к тому, что периодичность до технического обслуживания определяет электронный блок управления автомобиля, как, например, в грузовиках Volvo, Mercedes, Scania.

На данный момент основным документом для корректировки трудоемкости работ и периодичности обслуживания остается регламент от завода изготовителя, который рассчитан для усредненных показателей факторов влияния на автомобиль. А также ОНТП – 01 – 91 нормы и коэффициенты которого не удовлетворяют современную производственную базу.

Свою работу я решил разработать на базе автобусных парков по той причине, что на данных предприятиях имеется достаточное количество одномарочной техники, а также приведены различные виды систем питания.

По данным сайта ttransport.ru количество подвижного состава всех филиалов ГУП «Пассажиравтотранс» равняется 3521 единицам техники, а предприятия АО «Третий парк» – 1723 единицам техники.

В магистерской диссертации мною будет рассмотрена тема разработки нового коэффициента, влияющего на трудоемкость работ и зависящего от системы питания автобуса, а также коэффициента, влияющего на периодичность проведения технического обслуживания зависящего от мото-часов работы.

Так, например, рассматриваемой методикой предусмотрено использование базовых нормативов ТО и Р для эталонных условий эксплуатации с последующей корректировкой с помощью системы соответствующих коэффициентов под реальные условия эксплуатации, существующие на конкретном предприятии.

Так, например, фактическая трудоемкость ТР определяется по формуле

$$t_{\text{ТР}} = t_{\text{ТР}}^{\text{H}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5,$$

где  $t_{\text{ТР}}^{\text{H}}$  – нормативная трудоемкость ТР;

Фактическая трудоемкость ТО определяется по формуле

$$t_{\text{ТО}} = t_{\text{ТО}}^{\text{H}} \cdot K_2 \cdot K_4$$

где  $t_{\text{ТО}}^{\text{H}}$  – нормативная трудоемкость ТО;  $K_1$  – коэффициент условий эксплуатации автомобилей;  $K_2$  – коэффициент модификации подвижного состава;  $K_3$  – коэффициент природно-климатических условий;  $K_4$  – коэффициент, учитывающий количество технологического совместимого подвижного состава;  $K_5$  – коэффициент, учитывающий условия хранения.

Базовые нормативы, указанные в ОНТП-01-91, не рассматривают конструктивные изменения автобусного парка разделяя автобусы лишь на классы (малого, среднего и большого класса).

В своей работе на базе автобусных парков я планирую рассмотреть:

- влияние дополнительных параметров на периодичность технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта;
- возможность внедрения новых коэффициентов;
- возможность отмены обобщенных параметров периодичности для автомобильного транспорта.

### Литература

1. ТР ТС 018/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» 2021 год. Последняя редакция.
2. Пособие по ремонту Kia Sportage, инструкция по эксплуатации, руководство по обслуживанию Kia Спортейдж с 2009 года выпуска (учитывая рестайлинг 2013 года) / Мир Автокниг.
3. «ОНТП-01-91. РД 3107938-0176-91. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта» (утв. протоколом концерн «Росавтотранс» от 07.08.1991 № 3).



**УДК 629.331:620.98**

*Евгений Александрович Руппель,*  
зав. учебной лабораторией  
*Алексей Леонидович Пенкин,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: italian@yandex.ru,*  
*apenkin2008@rambler.ru*

*Evgeniy Aleksandrovich Ruppel,*  
head of the educational laboratory  
*Aleksey Leonidovich Penkin,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: italian@yandex.ru,*  
*apenkin2008@rambler.ru*

## **АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА**

### **ASPECTS OF INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF ROAD TRANSPORT DUE TO THE APPLICATION OF ALTERNATIVE FUELS**

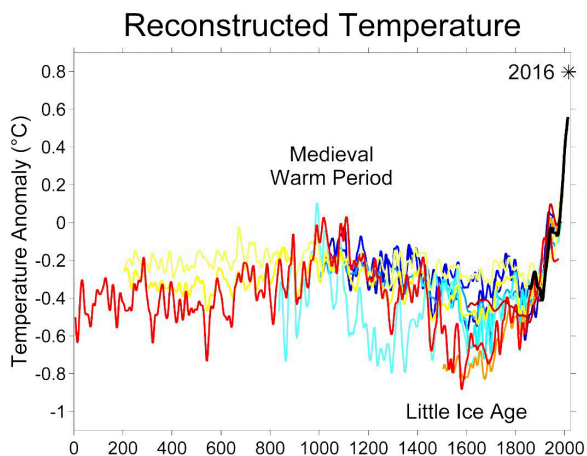
В статье рассмотрена проблема повышения энергоэффективности экономики страны в целом и в частности транспортного сектора. Приводятся выдержки из государственных документов Российской Федерации, доказывающие необходимость решения этой проблемы в обозримом будущем и наиболее эффективным образом. Даются обзор путей решения данной проблемы и приближенный анализ эффективности одного из них. Вносится предложение развития отрасли производства и потребления биотоплива в России и проведения дальнейших исследований по этой тематике.

*Ключевые слова:* энергоэффективность, декарбонизация, альтернативные топлива, биоэтанол, биодизель, биометан.

The article deals with the problem of increasing the energy efficiency of the country's economy in general, and in particular the transport sector. Excerpts from state documents of the Russian Federation are presented, proving the need to solve this problem in the foreseeable future and in the most effective way. An overview of ways to solve this problem and an approximate analysis of the effectiveness of one of them are given. A proposal is made to develop the industry of production and consumption of biofuels in Russia and to conduct further research on this topic.

*Keywords:* energy efficiency, decarbonization, alternative fuels, bioethanol, biodiesel, biomethane.

Главным источником выбросов углекислого газа в атмосферу является производство и потребление ископаемого топлива человеком (86 %), а также сведение тропических лесов и сжигание биомассы (12 %) [1]. Антропогенная эмиссия углекислого газа, предположительно, является главной причиной изменения климата. Эта проблема ранее всерьез воспринималась преимущественно специалистами экологами. Однако в 1999 году были опубликованы данные о том, что рост среднегодовых температур в наше время происходит особенно быстро, чего не было последние две тысячи лет. График, который это показывает, получил название «хоккейная клюшка» [2] (см. рисунок).



Реконструкция температур за последние 2 тыс. лет («хоккейная клюшка»)

В концепции развития водородной энергетики в Российской Федерации, утвержденной в августе 2021 года, отмечено, что для достижения целей Парижского соглашения по климату Российская Федерация осуществляет государственную политику в области климата, направленную на сокращение и предотвращение антропогенных выбросов парниковых газов, в том числе за счет расширения сфер применения энергоносителей с низким углеродным следом и внедрения наилучших доступных технологий [3].

В решении задачи декарбонизации и снижения уровня эмиссии CO<sub>2</sub> ключевую роль играет повышение энергоэффективности экономики. Ее связывают с понятием энергоёмкости ВВП, или отношения затраченной энергии (затрат на топливо) к единице произведенной продукции, которая в России за период 1990–2017 гг. снизилась на 30 %, а энергоёмкость мирового ВВП – на 35 %. При этом за тот же период суммарные выбросы CO<sub>2</sub> в мире увеличились на 60 %. Основными причинами увеличения эмиссии стали рост численности населения (на 42 %) и среднедушевого ВВП (на 73 %) [4].

В январе 2021 года Министерством экономического развития Российской Федерации был опубликован ежегодный государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности. Согласно ему, по итогам 2019 года уровень энергоёмкости ВВП составил минимальное значение за период последних пяти лет. Заявлено, что достижение высокого уровня энергоэффективности и технологичности всех отраслей экономики является стратегической задачей национального значения. Использование имеющегося потенциала повышения энергоэффективности в России и активная государственная политика будут способствовать повышению экологичности российской экономики [5].

По уровню потребления топливно–энергетических ресурсов транспортный сектор играет существенную роль, на сжигание в автомобилях и других транспортных средствах приходится около четверти выбросов всего энергетического сектора. [6, с. 1.5] Существует два основных способа снижения выбросов углекислого газа автомобилями: 1) повышение топливной экономичности; 2) использование альтернативных видов топлива. [7] Постепенный переход на потребление различных видов биотоплива взамен ископаемых источников энергии является одним из наиболее эффективных путей декарбонизации всего транспортного сектора.

С 2009 г. все страны ЕС обязаны производить и потреблять биодизельное топливо, а с 2020 г. потребление биотоплива составляет не менее 20 % [8]. В ряде публикаций авторы рассматривают инструменты государственного регулирования производства и потребления транспортного биотоплива в Евросоюзе, выделяют основные из них и отмечают отсутствие подобных аналогов в Российской Федерации [9].

Подробно рассматривается этиловый спирт, или топливный этанол, называемый также биоэтанол. Его химическая формула  $C_2H_5OH$ , это продукт дрожжевой ферментации (брожения) сахара или гидролиза биомассы (древесины, камыша, травы и т. д.). Отмечается, что основным сырьем для производства биоэтанола являются кукуруза и сахарный тростник, однако эффективнее производить его из растения борщевик Сосновского, повсеместно распространенного на территории Российской Федерации [10, с. 108].

Биометан как топливо по своим свойствам и химическому составу практически идентичен природному газу метану, химическая формула  $CH_4$ . По энергоэффективности он также не уступает биодизелю и биоэтанолю. Сырьем для производства биометана могут быть любые органические вещества, подвергающиеся разложению, отходы пищевых производств [11].

Зависимость плотности топлива и удельных (мг/кДж) выбросов углекислого газа ранее была установлена с помощью проведенных исследований влияния качества топлива на эколого-эксплуатационные характеристики автомобилей. Таким образом, эмиссию  $CO_2$  автотранспортом можно снизить, применяя моторные топлива с пониженной плотностью [7].

Основные свойства различных видов топлива представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Основные свойства традиционных и альтернативных видов топлива

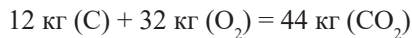
| Вид топлива              | Химич. формула | Плотн. при температур. 15 °С | Содерж. углерода С | Теплота сгорания низшая | Октан. число (ММ) | Цетан. число |
|--------------------------|----------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|--------------|
| Единица изм.             | –              | кг/м <sup>3</sup>            | % масс.            | МДж/кг                  | –                 | –            |
| Бензин                   | $C_8H_{18}$    | 710–760                      | 85,0               | 44,0                    | 66–85             | 8–14         |
| Дизельное топливо        | $C_{16}H_{34}$ | 830–870                      | 85,5               | 42,5                    | –                 | 45–55        |
| Сжатый природный газ CNG | $CH_4$         | 0,68                         | 76,0               | 48,9                    | 100–105           | 10–12        |

Окончание табл. 1

| Вид топлива                | Химич. формула     | Плотн. при температ. 15 °С | Содерж. углерода С | Теплота сгорания низшая | Октан. число (ММ) | Цетан. число |
|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|--------------|
| Сжиженный нефтяной газ LPG | $C_3H_8-C_4H_{10}$ | 530–550                    | 82,3               | 46,0                    | 90–100            | 18–22        |
| Биометан BNG               | $CH_4$             | 0,68                       | 75,0               | 50,0                    | 110               | 10–12        |
| Биоэтанол E100             | $C_2H_5OH$         | 990                        | 52,2               | 26,7                    | 100               | 108          |
| Биодизель FAME             |                    | 860–900                    | 76,0               | 35,0                    | –                 | 51           |

На основе данных этой таблицы видно, что наименьшей массовой долей углерода из всех приведенных топлив обладает биоэтанол. Марка E100 означает, что это чистый этанол. Также существуют смеси марок E5, E10 и другие, где число означает содержание этанола в смеси с бензином в процентах по массе. Также низкое содержание углерода отмечается во всех видах газа, в том числе биометане и в биодизельном топливе.

Приблизительно оценка выбросов  $CO_2$  на стадии сгорания может быть произведена на основе классической теории сгорания углеводородного топлива в ДВС. Согласно которой, при полном сгорании топлива каждая молекула углерода соединяется с молекулой кислорода, в результате чего получается одна молекула углекислого газа. Так как молярная масса углерода равна 12 г/моль (а.е.м), а кислорода 16 г/моль, то:



Откуда следует, что при полном сгорании 1 кг углерода образуется 3,67 кг углекислого газа. [12] Из этого можно посчитать количество углекислого газа, выделяемое при сжигании различных видов топлива. Результаты расчета сведены в таблицу 2.

Из этой таблицы следует, что наиболее чистый по содержанию углекислого газа выхлоп будет у автомобилей, использующих биоэтанол. В России его качество определено ГОСТ EN 15376-2014,

идентичного европейскому стандарту EN 15376:2011 «Топливо для автомобилей.

Таблица 2

### Расчет выбросов CO<sub>2</sub> при сгорании топлив

| № | Вид топлива                               | C, %масс. | CO <sub>2</sub> , %масс. |
|---|---|-----------|--------------------------|
| 1 | Бензин                                    | 0,850     | 3,120                    |
| 2 | Дизель                                    | 0,855     | 3,138                    |
| 3 | Сжатый и сжиженный природный газ CNG, LNG | 0,760     | 2,789                    |
| 4 | Сжиженный нефтяной газ LPG                | 0,823     | 3,020                    |
| 5 | Биометан BNG                              | 0,750     | 2,753                    |
| 6 | Биоэтанол E100                            | 0,522     | 1,916                    |
| 7 | Биодизель FAME (EN14214)                  | 0,760     | 2,789                    |

Этанол в качестве компонента для смешивания моторного топлива. Требования и методы испытаний». Смеси E85, ED95 и E100 подходят исключительно для FFV (Flexible-fuel vehicle – автомобили с гибким выбором топлива, которые могут ездить как на бензине, так и на смеси бензина с этанолом, причем в гибких пропорциях) и производятся широко преимущественно в Бразилии с начала 70-х годов XX века, а также в Швеции, США и других странах. Смеси E5, E10, E15 и E25, реализуемые на АЗС в основном в Евросоюзе и США, подходят и для обычных бензиновых машин. Что уже значительно улучшает их экологические и эксплуатационные характеристики. Мы предлагаем расширение производства и потребления этих смесей и в нашей стране.

Чтобы лучше оценить их преимущества по сравнению с традиционными ископаемыми видами топлива, следует иметь в виду, что данное топливо для своего производства требует исключительно сырье биологического происхождения, а именно органические отходы производства, будь то навоз, птичий помет, трава, отходы молокозаводов,

отходы производства картофеля и т. д. Цикл производства этих видов топлива включает также цикл произрастания культур, из которых оно производится, а значит период поглощения  $\text{CO}_2$  при метаболизме последних. Количественно оценить данное поглощение, а значит энергоэффективность стадии производства различных видов топлива, то есть отношение объема выделенного углекислого газа к единице продукции, ставится целью дальнейшего исследования. В результате можно обосновать необходимость развития в нашей стране отрасли производства биотоплива. Возможности для этого имеются широкие. Россия обладает огромными запасами биоресурсов. Также не требуется никаких конструктивных доработок транспортных средств при переводе с традиционного дизельного топлива на биодизель, с чистого бензина на биоэтанольную смесь, с природного газа на биометан. Такой перевод не только обеспечит улучшение экологических характеристик, но и в перспективе будет отвечать стратегическим целям повышения энергоэффективности ВВП страны.

#### Литература

1. *Князева А., Секушина А., Гарин Л.* Проблемы правового регулирования выброса углекислого газа в атмосферу. Журнал Медиаль № 2 (24) 2019 (стр. 7)// [Электронный ресурс]. URL: <https://www.medial-journal.ru/jour/article/view/93> (дата обращения: 11.06.2021).
2. *Стрекопытов В.* Климатическая “кляушка”. Элементы.ру. 15 апреля 2019 г.//UNDP [Электронный ресурс]. URL: [https://elementy.ru/kartinka\\_dnya/867/Klimaticheskaya\\_klyushka](https://elementy.ru/kartinka_dnya/867/Klimaticheskaya_klyushka) // (дата обращения: 15.06.2021).
3. Концепция развития водородной энергетики в Российской Федерации, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 августа 2021 г. № 2162-р.
4. Колпаков А. Ю. Энергоэффективность: роль в сдерживании выбросов углекислого газа и определяющие факторы. // Журнал Проблемы прогнозирования. № 6. 2020.
5. Государственный доклад: О состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации. Москва, 2020.
6. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006, стр.1.5.
7. *Голубева А. С.* Экономическое стимулирование сокращения эмиссии  $\text{CO}_2$  автотранспортом. // Тезисы работ участников Международного конкурса научно-исследовательских проектов молодых ученых и студентов. VII Евразийский экономический форум молодежи. Екатеринбург, 2016 (стр. 75).

8. Гафуров Н. М., Хисматуллин Р. Ф. Физико-химические характеристики биодизельного топлива в соответствии принятым стандартам. // Международный научный журнал «Инновационная наука» № 5/2016 ISSN 2410-6070 стр. 71.

9. Головин М. С., Кудрявцева О. В. Государственная политика по развитию отрасли транспортного биотоплива в Европейском Союзе. // Государственное управление. Электронный вестник. Выпуск № 78. Февраль 2020 г.

10. Мидов А. З. Стратегические тенденции и перспективы развития производства топливного этанола в России. // Журнал Управленческое консультирование. № 6. 2016.

11. Абдуллин М. А., Бибарсов В. Ю. Перспектива использования биометана в Оренбургской области в качестве альтернативного газомоторного топлива. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. № 5. 2015. стр. 76–78.

12. Ховах М. С., Маслов Г. С. Автомобильные двигатели. Изд. 2-е, пер. и доп. М.: Машиностроение, 1971. 456 с.



**УДК 62-50**

*Евгений Сергеевич Трофимов,*

магистр

*Виктор Гаврилович Назаркин,*

канд. техн. наук, профессор

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: e001st178@yandex.ru,*

*gavrilyc@mail.ru*

*Evgeny Sergeevich Trofimov,*

Master's degree

*Viktor Gavrilovich Nazarkin,*

PhD in Sci. Tech., Professor

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: e001st178@yandex.ru,*

*gavrilyc@mail.ru*

**МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЕС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ  
БЕЗОПАСНОСТИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**METHODS OF IMPROVING THE DESIGN  
OF AUTOMOBILE WHEELS TO IMPROVE  
THE SAFETY OF THEIR EXPLOITATION**

Автомобильный транспорт тесно вошел в современный быт, день за днем он помогает людям решать множество важных задач. Из всех существующих вариантов передвижения людей и различных грузов автомобильный транспорт не только самый распространенный, но и самый опасный. Ежедневно по самым различным причинам случается множество аварий. Наиболее опасными являются аварии по причине отказа автомобильного колеса. Такие аварии, как правило, сопровождаются не только порчей перевозимых грузов, но и гибелью водителя с пассажирами. Предложены технические решения по совершенствованию конструкции автомобильных колес, которые призваны сделать их эксплуатацию максимально безопасной.

*Ключевые слова:* автомобильный транспорт, колесо, эксплуатация, техническое решение, безопасность, модернизация автомобильного колеса.

Automobile transport has become closely integrated into modern life, day after day it helps people solve many important tasks. Of all the existing options for the movement of people and various goods, road transport is not only the most common, but also the most dangerous. A lot of accidents happen every day for a variety of reasons. The most dangerous are accidents due to the failure of a car wheel. Such accidents, as a rule, are accompanied not only by damage to the transported goods, but also by the death of the driver and passengers. Technical solutions are proposed to improve the design of automobile wheels, which are designed to make their operation as safe as possible.

*Keywords:* automobile transport, wheel, operation, technical solution, safety, modernization of the automobile wheel.

В ходе эксплуатации колесных транспортных средств (автобусы, грузовые автомобили, спецтехника, личный автомобили и другие) происходят различные отказы. Некоторые отказы, возникшие в процессе эксплуатации автомобильного транспорта могут стать причиной серьезной аварии.

По результатам статистики за 2020 год в России произошло более 145 тысяч дорожно-транспортных происшествий, в которых погибли свыше 16 тысяч человек и более 183 тысяч получили ранения. Причины, по которым происходят аварии, могут быть различными, например, следующие: алкогольное или наркотическое опьянение, нарушение скоростного режима, нарушение дистанции, низкий уровень подготовки молодых водителей, нарушение правил эксплуатации транспортных средств, низкое качество дорожного полотна и другие.

Известны случаи, когда причиной аварии является отказ колеса автомобиля (прокол, порез, полное разрушение покрышки). Особо опасен отказ переднего колеса (особенно при движении на высокой скорости). В такой ситуации водитель теряет управление над транспортным средством, траектория движения машины сильно меняется, и обычно наносит существенный вред людям и/или перевозимым грузам. Например, машина может вылететь на встречную полосу (или на тротуар с пешеходами), опрокинуться набок со всеми негативными последствиями.

С целью исключить вероятность возникновения аварий по причине отказа колеса автомобиля, было принято решение модернизировать конструкцию колеса транспортного средства.

Модернизация колеса транспортного средства заключается в изменении классической конструкции колеса установкой страховочного диска. Дополнительно включенный в конструкцию элемент, при наступлении критической ситуации (прокол, порез или даже полное разрушение покрышки) возьмет на себя функцию катящейся при движении транспортного средства круглой опоры. Модернизированное колесо показано на рисунке (рис. 1).

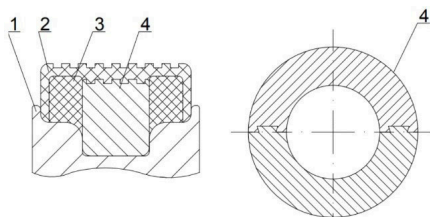


Рис. 1. Модернизированная конструкция автомобильного колеса

На рисунке показаны следующие элементы: 1 – диск колесный; 2 – покрывка с рифленным протектором; 3 – камера надувная, симметрично расположенная сбоку по отношению к позиции 4 (стандартные ниппели не показаны); 4 – страховочный диск (на виде справа протектор не показан, так как его форма может быть весьма различной), состоящий из двух симметричных половинок, соединенных в одно целое замком.

Благодаря протектору, который располагается на внешней стороне страховочного диска, транспортное средство сможет не только своевременно затормозить, остановить, но и продолжить движение на определенной скорости до ближайшей станции технического обслуживания. Протектор защитит такую конструкцию от излишнего скольжения как на сухом, так и на мокром дорожном покрытии [1], [2].

Описанное выше техническое решение признано уникальным, что можно аргументировать наличием авторских прав, а именно патента на изобретение [3].

Второй вариант модернизации автомобильного колеса предназначен для большегрузных транспортных средств, которые при эксплуатации испытывают большую нагрузку в области колес.

С целью повышения безопасности эксплуатации колес большегрузных транспортных средств, требуется изготовление колеса с двумя страховочными дисками из максимально прочного материала, между которыми под общей резиновой покрывкой дополнительно расположено страховочное кольцо из литого резинового материала с металлическим армированием внутри. Диаметр страховочного кольца меньше, чем страховочных дисков на величину упругой деформации материала дисков, чтобы все три элемента одновременно

воспринимали нагрузку от массы транспортного средства и перевозимого груза. Каждый из трех расположенных под общей покрывной элементов (диски и кольцо) имеют протектор, уменьшающий нежелательное скольжение колес [4]. Схема колеса для большегрузных транспортных средств представлена на рисунке (рис. 2).

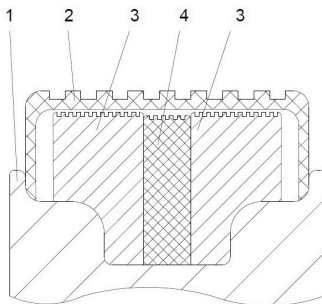


Рис. 2. Колеса для большегрузных транспортных средств

Предложенная конструкция также может быть применена в авиации, для резервирования надежности шасси самолетов.

Колеса в таком исполнении исключают вероятность возникновения аварии по причине их отказа, так как включенные в конструкцию элементы возьмут на себя функцию катящейся при движении транспортного средства круглой опоры.

### Литература

1. Трибология: Международная энциклопедия. Том I: историческая справка, термины, определения / Под ред. д-р. техн. наук, академика, профессора К. Н. Войнова. Краснодар–Санкт-Петербург, АНИМА, 2010. – 176 с.

2. Трибология: Международная энциклопедия. Том XI: Компьютерные программы и примеры расчетов в трибологии и триботехнике / Под ред. д-р. техн. наук, академика, профессора К. Н. Войнова. СПб., Нестор-История, 2016. – 240 с.

3. Пат. 2728200 РФ, МПК В60С17/04. Колесо безопасное для транспортных средств : № 2020104988 : заявл. 03.02.2020 : опубл. 28.07.2020 / Трофимов Е. С. ; патентообладатель Трофимов Евгений Сергеевич.

4. Пат. 2740952 Российская Федерация, МПК В60С17/04, В60С17/06. Колесо безопасное для транспортных средств с повышенной нагрузкой № 2020115949 : заявл. 20.04.2020 : опубл. 21.01.2021 / Войнов К. Н., Трофимов Е. С. ; патентообладатель Войнов Кирилл Николаевич, Трофимов Евгений Сергеевич.

**УДК 656.132.6**

*Егор Васильевич Шумков,*

студент

*Виктор Гаврилович Назаркин,*

канд. техн. наук, профессор

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: shumkovi@inbox.ru,*

*gavrilyc@mail.ru*

*Egor Vasilevich Shumkov,*

student

*Victor Gavrilovich Nazarkin,*

PhD in Sci. Tech., Professor

(Saint Peterburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: shumkovi@inbox.ru,*

*gavrilyc@mail.ru*

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОБУСОВ**

### **ANALYSIS OF CURRENT ELECTRIC BUS CHARGING TECHNOLOGIES**

В данной статье разобраны основные направления развития систем питания электробусов в России и мире. Сопоставлены основные характеристики применяемых технологий на рассматриваемом виде транспорта, необходимых для проведения сравнительного анализа, на основе которого сформирован вывод об актуальной технологии зарядки электробусов в ближайшей перспективе.

*Ключевые слова:* транспорт, электробус, долговременная подзарядка в депо, быстрая зарядка на остановках, подзарядка в движении.

This article discusses the main directions of development of power supply systems for electric buses in Russia and the world. The main characteristics of the technologies used on the considered mode of transport are compared, which are necessary for a comparative analysis, on the basis of which a conclusion is made about the current technology of charging electric buses in the near future.

*Keywords:* transport, electric bus, overnight charging, opportunity charging, in-motion charging.

Электробусы сегодня получили широкое распространение в качестве городского общественного транспорта. С 70-х годов XX века технологии хранения и зарядки электробусов непрерывно развиваются с целью наиболее быстрого, емкого и рационального расхода ресурсов, как финансовых, так и производственных. На данный момент в России распространенными технологиями являются способы зарядки установленных в электробусах литий-ионных батарей от

контактной сети и на специальных площадках с помощью подключения подвижного состава пантографом или пистолетной зарядкой. От способа питания транспортного средства зависит его принадлежность к видам питания электробусов, а именно к технологии ночной зарядки (overnight charging – ONC), быстрой зарядки (opportunity charging – OC) или динамической зарядки (in-motion charging – INC). Однако, как показал мировой опыт, этот параметр не является основополагающим для определения электробуса к одному из видов применяемой технологии.

С начала 2000-х годов, под содействием государственной инициативы, лидером в области развития, а в дальнейшем, и экспорта электрического общественного транспорта стал Китай. С 2017 года такие китайские производители как Yutong, BYD, Zhongtong Bus, CRRC и Foton заняли лидирующие позиции на рынке Европы и США, а также в области инновационных решений. В следующем же году китайский город Шэньчжэнь стал одним из первых городов, совершивших переход на полностью электрические автобусы – речь идет о 16,5 тыс. единиц техники. Рассмотрим подробнее особенности конструкции и характеристики самых распространенных моделей, а также их инновационные решения [1].

Ранее было перечислено то, что в России, как правило накопителем и источником питания для силовой установки электробуса, являются литий-ионные батареи, а точнее литий-железо-фосфатные аккумуляторы (LiFePO<sub>4</sub> или LFP). Так, например, в электробусах модели VolgaBus – 5270e, эксплуатируемых в г. Липецке, установлены тяговые батареи вышеперечисленной технологии производства компании «Лиотех». По своим основным характеристикам: ресурс данных аккумуляторов рассчитан на более 3000 циклов зарядки; диапазон рабочих температур – разряд/заряд: –40...+50С/0...+50С; а номинальная емкость составляет 100–270 Ач[2].

Схожие по характеристикам источники питания используют китайские и европейские аналоги. Так, например, электробусы технологии ONC производителя Mercedes модели eCitaro, эксплуатируемые в городах Германии, используют литиево-металл-полимерные батареи, в качестве системы зарядки используется пистолетная с возможностью быстрой зарядки (CCS COMBO 2). По эксплуатационным

и обслуживающим характеристикам они превосходят вышеперечисленные, однако недавний опыт с данными электробусами в Мюнхене, а именно возгорание машины во время зарядки, показал, что данный вариант хранения энергии на борту в сочетании с применяемой системой зарядки не совершенен [3].

Литий-ионные батареи имеют ограниченный ресурс, их использование в сочетании с быстрой зарядкой не является безопасным. Как альтернатива с 2000-х годов китайскими производителями в кооперативе с иностранными партнерами была разработана и эксплуатируется технология суперконденсаторных электробусов. С 2007 года на одной из коммерческих линий в Шанхае проводились испытания 17 опытных образцов Ultracap Bus. Система подзарядки реализована следующим образом: электробус, подъезжая к остановке, подключается к двум проводам, висящим над землей в виде контактной сети по длине не выходящим за территорию остановки. Заряда достаточно для броска к следующему пункту на маршруте, время остановки требуется всего две минуты. Емкость суперконденсаторов, установленных под полом автобуса, составляет 5,9 киловатт-часов. Расход же энергии равен 0,66–0,93 кВт·ч на километр. В режиме спокойной езды Ultracap Bus может проехать «на одном дыхании» до 8,8 км. Но реальные отрезки пути куда меньше – всего несколько кварталов, поэтому и заправки – короткие [4].

Тестирование технологии в Шанхае сформировало следующие оценки:

- а) производство электробусов на данной технологии оказалось на 40 % дешевле, чем аналогов с литиево-ионными аккумуляторами;
- б) надежность и простота силового агрегата – еще один плюс новинки в сравнении как с дизельными, так и с аккумуляторными аналогами. За три года эксплуатации в Шанхае не было обнаружено отказов, связанных системой зарядки.

В перспективе суперконденсаторы способны вытеснить литий-ионные аккумуляторы как способ хранения энергии на борту, однако их емкости недостаточно чтобы сделать это в ближайшей перспективе. Возможно совместное использование вышеперечисленных технологий позволит решить проблему со скоростью заправки электробусов и окончательно определиться в выборе используемой системы зарядки.

### **Литература**

1. All Shenzhen public buses now electric [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sustainable-bus.com> (дата обращения 11.10.2021).
2. Литий-ионные аккумуляторы второго поколения [электронный ресурс]. URL: <https://www.liotech.ru> (дата обращения 12.10.2021).
3. Новостная статья про сгоревший электробус в Мюнхене [Электронный ресурс]. URL: <https://news.drom.ru> (дата обращения 10.12.2020).
4. Это электробус: что мы знаем о транспорте с батареей [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com> (дата обращения 10.12.2020).



УДК 629.3.014

*Владимир Анатольевич Яшков,*  
инженер  
(Санкт-Петербургское государственное  
унитарное предприятие пассажирского  
автомобильного транспорта)  
*E-mail: vladimir\_yashkov@mail.ru*

*Vladimir Anatolyevich Iashkov,*  
engineer  
(Saint Petersburg State  
Unitary Enterprise  
of Passenger Motor Transport)  
*E-mail: vladimir\_yashkov@mail.ru*

## **ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОБУСОВ**

### **FEATURES OF THE CONCEPTUAL DESIGN OF AN ELECTRIC BUS FLEET**

В статье рассмотрены основные особенности разработки концепции нового автобусного предприятия, эксплуатирующего электробусы, в свете практической реализации масштабных проектов внедрения электробусов в городскую систему общественного транспорта. Дана классификация основных задач, которые необходимо решить проектировщикам при разработке концепции нового парка электробусов. Приведен краткий обзор истории вопроса, даны примеры существующих вариантов решений задач концептуального проектирования парка электробусов. Большинство выводов данной статьи могут быть применены также к разработке концепций любых других производственных баз хранения, эксплуатации и обслуживания наземных транспортно-технологических машин, использующих электрическую тягу, получающую питание от аккумуляторных батарей, расположенных непосредственно на машине.

*Ключевые слова:* электробус, парк электробусов, проектирование парка электробусов, городской общественный транспорт, электрозарядная станция, хранение электробусов, зарядка электробусов, тяговые батареи.

The article discusses the main features of the development of the concept of a new bus company operating electric buses in the light of the practical implementation of large-scale projects for the introduction of electric buses into the urban public transport system. The classification of the main tasks that designers need to solve when developing the concept of a new fleet of electric buses is given. A brief overview of the history of the issue is given, examples of existing solutions to the problems of conceptual design of electric bus fleet are given. Most of the conclu-

sions of this article can also be applied to the development of concepts for any other production bases for storage, operation and maintenance of ground transport and technological machines using electric traction powered by batteries located directly on the machine.

*Keywords:* electric bus, electric bus fleet, electric bus fleet design, urban public transport, electric charging station, electric bus storage, electric bus charging, traction batteries.

Решение задачи перевода системы городского общественно-го транспорта на экологически безопасные виды топлива может решаться в трех основных направлениях:

- 1) Расширение маршрутной сети существующего городского электротранспорта, в первую очередь – скоростного трамвая.
- 2) Перевод городского парка маршрутных автобусов и автомобилей такси на газомоторное топливо (метан).
- 3) Внедрение, взамен традиционного транспорта с двигателями внутреннего сгорания, автономного электротранспорта, использующего в качестве накопителя энергии батареи аккумуляторов [1]:

В данной статье рассматривается ряд вопросов, связанных с практической реализацией масштабных проектов внедрения электробусов в городскую систему общественного транспорта и обозначаются задачи, которые необходимо решить проектировщикам при разработке концепции нового автобусного парка, рассчитанного на эксплуатацию электробусов.

В большинстве случаев замена городских автобусов с двигателями внутреннего сгорания на электробусы осуществляется с использованием существующих автобусных парков с постепенной их реконструкцией, что связано с определенными трудностями как технического, так и финансово-экономического характера [2].

В России имеются давние традиции использования технологического электротранспорта на различных предприятиях (грузовые тележки, погрузчики, штабелеры, используемые на складах, вокзалах и т. п.) и опыт последних лет, связанный с массовым внедрением электробусов с быстрой зарядкой в Москве, а также эксплуатацией партии электробусов с медленной зарядкой в одном из автобусных парков Санкт-Петербурга.

Тем не менее, практика строительства новых крупных автопредприятий, изначально предназначенных для эксплуатации большого количества электробусов, в России совершенно отсутствует.

1. Одной из первых попыток создать систему общественного электрического городского транспорта можно считать русский проект электрического омнибуса (Россия, 1902 г. Изобретатель Ипполит Романов). Запас хода омнибуса предполагался до 70 км, вместимость 15 чел., машина имела цепной привод на задние колеса, пневматические шины (рис. 1). Планировалось построить около 100 машин, но в отсутствие государственного финансирования изобретатель не смог найти достаточных средств на организацию серийного выпуска, и электрический омнибус так и остался в единственном экземпляре [3].



Рис. 1. Электрический омнибус Ипполита Романова

Из первых функционировавших в течение длительного времени электробусных парков наиболее известен парк лондонской компании London Electrobuses Co (Англия, Лондон, 1906–1917). Запас хода машин составлял до 40 миль (60 км) и позволял выполнить несколько рейсов (рис. 2), после чего электробус возвращался в парк, где разряженные батареи заменялись заряженными, и машина снова выходила на линию. Сменный блок батарей имел массу 1,15 т и был расположен снизу, под рамой электробуса. На линии работало до 20 машин.

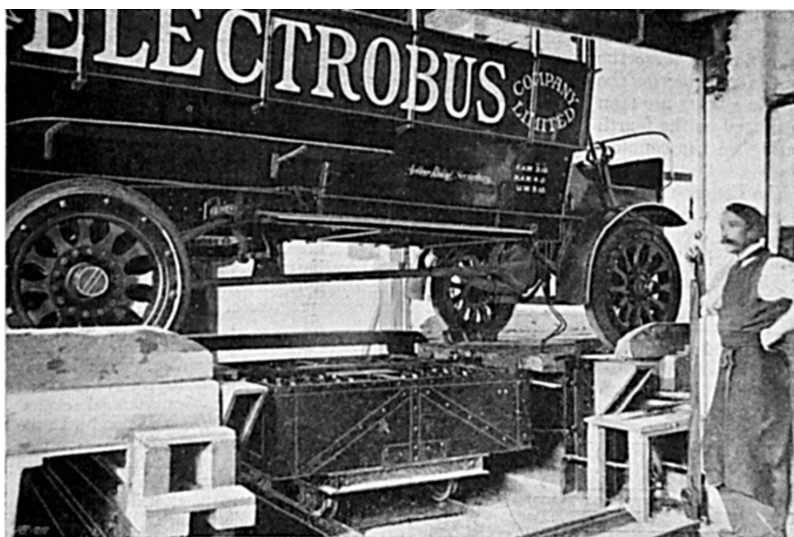


Рис. 2. Электробус London Electrobus Co. Замена тяговых батарей

Мировая война, нехватка запчастей и бурное развитие автотранспорта с двигателями внутреннего сгорания, несопоставимого с электротранспортом по автономности и скорости заправки, сделали свое дело: электротранспорт с общественных дорог практически исчез почти на столетие.

2. Исходные данные для проектирования парка электробусов<sup>1</sup>.

При разработке общей концепции электробусного парка<sup>2</sup> следует предварительно определить следующие взаимосвязанные факторы:

- Способ зарядки тяговых батарей, который определяется городской политикой в отношении внедряемого электротранспорта.

<sup>1</sup> Электробусом в данной статье мы будем называть автобус на электрической тяге, несущий запас энергии на борту (в отличие от троллейбуса с увеличенным автономным ходом (ТУАХ), использующего для подзарядки аккумуляторов троллей и осуществляющего подзарядку от контактной сети во время движения по маршруту).

<sup>2</sup> Далее по тексту – автотранспортное предприятие, АТП.

Так, в Санкт-Петербурге предпочтение отдано электробусам с большим запасом хода, обеспечивающим работу машины в течение всей смены без подзарядки, с длительной зарядкой батарей между сменами [4], в то время как в Москве предпочтение отдается быстрой зарядке на маршруте. От выбранного способа зарядки зависит конструктивное исполнение зарядных станций и величина потребной электрической мощности.

- Среднесуточный и среднегодовой пробеги электробусов, определяемые на основании предполагаемой транспортной работы и конфигурации маршрутной сети, которая также связана с выбранным способом зарядки батарей электробусов, поскольку длина любого маршрута не может превышать минимальный запас хода без подзарядки.

- Наличие в районе расположения проектируемого АТП возможности подвода электроэнергии достаточной мощности. Если доступная мощность ограничена, это окажет влияние на количество одновременно заряжаемых электробусов и скорость зарядки, а, следовательно, может привести к пересмотру маршрутной сети и всей концепции городского электротранспорта.

- Способ подключения электробуса к зарядной сети. При применении концепции длительной зарядки наиболее целесообразно применение зарядки вида 4 по ГОСТ Р МЭК 61851-1-2013, то есть соединение электробуса с сетью питания переменного тока с применением внебортового зарядного устройства, в котором функция контрольного управления распространяется на оборудование, постоянно соединенное с сетью питания переменного тока. При этом подсоединение электробуса к сети переменного тока осуществляется с использованием кабеля питания и переносной розетки, постоянно прикрепленных к оборудованию источника питания (зарядной станции).

- Вероятное место расположения разъема для подключения зарядного устройства на корпусе электробуса. Так, на электробусах MAN, разъем расположен по умолчанию над правым передним колесом, а на электробусах BYD – в заднем свесе справа. В условиях, когда на этапе проектирования автобусного парка невозможно определить, какие конкретно электробусы будут использоваться, целесообразно предусмотреть вариативность подключения за счет доста-

точной длины зарядных кабелей и возможности постановки машин на стоянку разными способами (передним или задним ходом).

- Способ ремонта, обслуживания, утилизации блоков тяговых батарей. Если ремонт, обслуживание, утилизация блоков батарей будет осуществляться силами АТП, для этого должна быть предусмотрена специализированная служба с соответствующими помещениями, оборудованием, обученным персоналом. Если обслуживание, ремонт и утилизация блоков тяговых батарей должны осуществляться силами сторонней специализированной организации (например, посредством заключения «контракта жизненного цикла» с производителем батарей), на АТП достаточно склада батарей и участка их снятия/установки.

3. Примерная классификация требований, которые должны быть выполнены при проектировании нового АТП электробусов, может выглядеть следующим образом (рис. 3):



Рис. 3. Примерная классификация требований к АТП электробусов

#### 4. Особенности устройства современных электробусов

Большинство электробусов созданы на основе проверенных конструкций кузовов и ходовой части серийных автобусов и троллейбусов. Разница в запасе хода без подзарядки у разных моделей электробусов в основном обусловлена количеством размещенных на борту

блоков тяговых аккумуляторных батарей. Поскольку большая часть батарей, масса которых достигает 2,5 т и более, как правило, размещается на крыше, конструкция крыши и вертикальных стоек кузова у электробусов усилена по сравнению с обычными автобусами. Следовательно, электробус тяжелее обычного автобуса и его центр тяжести расположен выше, что необходимо учитывать при проектировании технологических процессов, связанных с подъемом автобуса.

Хотя все мировые производители, включая и российских (ЛиАЗ, КамАЗ, Волгабус), стремятся создать свою модель, эти модели, как правило, сходны по своему устройству. Таким образом, процессы технического обслуживания и ремонта электробусов в части кузова, подвески колес, ступиц, тормозных систем и рулевого управления аналогичны применяемым для обычных автобусов.

Следует отметить, что единственным документом в Российской Федерации, регламентирующим нормативы проектирования АТП, являются морально устаревшие нормы технологического проектирования ОНТП 01-91, изданные в СССР с учетом существовавших тогда моделей транспортных средств и нуждающиеся в пересмотре.

#### 5. Особенности планирования территории АТП

При разработке генерального плана территории, кроме обычных для любого АТП объектов, таких как контрольно-пропускной пункт (КПП), диспетчерская, мойка подвижного состава, административно-бытовой и главный производственный корпуса, площадки хранения (стоянки) линейного и вспомогательного подвижного состава, в АТП электробусов должны быть предусмотрены площади для размещения следующих объектов:

- Центральная распределительная или трансформаторная подстанция АТП.
- Трансформаторные подстанции для питания электростанций (ЭС), расположенных непосредственно на местах стоянки электробусов, а также в ремонтных зонах и на участке ремонта тяговых батарей.
- Отапливаемые помещения для размещения специализированного транспорта, необходимого для оперативного ремонта объектов электростанционной сети электробусов, а также для тушения пожара.



- Объекты автоматической системы пожаротушения на всех местах зарядки и хранения тяговых батарей электробусов, в том числе пожарный водоем.

6. Варианты организации процесса зарядки тяговых батарей и расположения ЭЭС.

Процесс зарядки тяговых батарей электробусов может быть организован следующими способами (рис. 4–6):



Рис. 4. Подключение к ЭЭС посредством пантографа, расположенного на крыше в передней части электробуса (концепция быстрой зарядки)



Рис. 5. Подключение к ЭЭС посредством кабельной сборки от стандартизированного разъема (концепция длительной зарядки), при этом ЭЭС располагается на земле





Рис. 6. Подключение к ЭЗС посредством кабельной сборки со стандартизированным разъемом (концепция длительной зарядки), при этом ЭЗС располагается выше зоны движения электробусов, под крышей навеса

#### 7. Особенности организации площадки хранения электробусов

При разработке архитектурных решений площадки хранения электробусов необходимо учитывать повышенную чувствительность расположенной на крыше электробуса аппаратуры к неблагоприятным погодным условиям. В целях предотвращения скопления снега на крышах транспортных средств целесообразно устраивать навесы, закрывающие всю площадь хранения электробусов.

Для минимизации риска повреждения движущимся транспортом, а также в целях уменьшения влияния неблагоприятных погодных условий и максимального удаления токоведущих частей от мест нахождения людей, ЭЗС целесообразно располагать выше зоны движения транспорта, под крышей навеса.

#### 8. Особенности технологических решений АТП электробусов

При разработке технологических решений АТП электробусов следует учитывать следующие особенности:

- Необходимость подвода больших мощностей электроэнергии для одновременной зарядки электробусов в межменное (ночное) время.

- Необходимость устройства ЭЗС на месте стоянки каждого электробуса (возможна установка ЭЗС, предназначенных для одновременной зарядки нескольких электробусов), а также в местах ремонта электробусов и на участке ремонта тяговых батарей.

- Необходимость диспетчеризации процесса зарядки с целью распределения по времени пиковой нагрузки на энергосистему АТП и учета расхода электроэнергии индивидуально для каждого электробуса независимо от того, к какой именно ЭЗС он подключен.

- Необходимость организации технологических процессов технического обслуживания и ремонта с учетом отличий устройства электробусов от обычных автобусов (рис. 7): наличия блоков тяговых батарей на крыше электробуса, необходимости организации замены/хранения/ремонта тяговых батарей, тяговых электродвигателей и зарядных устройств, отсутствия на электробусах двигателей внутреннего сгорания и сложных трансмиссий (коробок перемены передач), возможности наличия электропортальных ведущих мостов (рис. 8), требующих демонтажа всего моста для ремонта электродвигателя.

- В АТП электробусов в обязательном порядке должен быть предусмотрен участок замены блоков тяговых батарей, расположенных на крыше электробуса. Участок должен быть оборудован огражденными подмостями и кран-балкой для снятия и установки батарей. Аналогичные подмости должны быть предусмотрены на КПП для осмотра оборудования, расположенного на крыше электробуса (рис. 9).



Рис. 7. Типичная компоновка электробуса (Iveco)

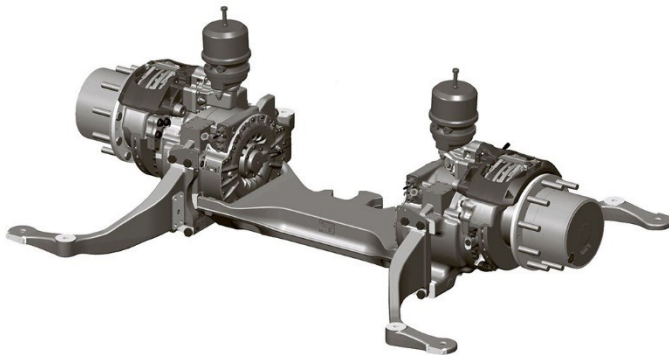


Рис. 8. Электропортальный мост ZF AVE-130 с колесными электродвигателями



Рис. 9. Подмости для обслуживания тяговых батарей и устройств, расположенных на крыше электробуса

- Ввиду повышенной пожароопасности литиевых батарей, необходимо предусматривать автоматическую противопожарную систему, охватывающую все без исключения зоны автопредприятия, на которых осуществляется зарядка, ремонт и складирование тяговых батарей. При этом способ тушения пожара должен выбираться в соответствии с особенностями горения литиевых батарей [5, 6].

Таким образом, при разработке концепции нового АТП электробусов проектировщикам необходимо решить ряд специфических

задач, которые условно можно разделить на три группы: задачи, связанные с энергообеспечением АТП, задачи, связанные с организацией процесса зарядки тяговых батарей, и задачи, связанные с особенностями устройства электробусов.

Большинство положений данной статьи могут быть применены также к любым другим производственным базам хранения, эксплуатации и обслуживания наземных транспортно-технологических машин, использующих электрическую тягу, получающую питание от аккумуляторных батарей, расположенных непосредственно на машине.

### Литература

1. Магистратура – автотранспортной отрасли: материалы V Всероссийской межвузовской конференции «Магистерские слушания» [23 октября 2020 г.], с. 106–113 ; СПбГАСУ. – СПб., 2021. – 406 с.

2. *Samuel Pelletier, Ola Jabali, Jorge E.Mendoza, Gilbert Laporte*. The electric bus fleet transition problem. // ScienceDirect, Transportation Research Part C: Emerging Technologies. Volume 109, December 2019, P. 174–193 [Электронный ресурс] 2019. декабрь. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0968090X1930868X?via%3Dihub> (дата обращения 13.10.2021).

3. *Станислав Кирилец* (Stanislav Kiriletz, Германия). Первые электромобили в России (Часть 1). // Грузовик Пресс.RU [Электронный ресурс] 2018. март URL: <http://www.gruzovikpress.ru/article/16171-pervye-elektromobili-v-rossii-ch-1/> (дата обращения 13.10.2021).

4. *Ледяева Марина*. В Петербурге появится парк электробусов. // Российская Газета [Электронный ресурс] 2021. 8 сентября. URL: <https://rg.ru/2021/09/08/reg-szfo/v-peterburge-poiavilsia-park-elektrobusov.html> (дата обращения 13.10.2021).

5. *Чеберяк В. В.* Правила и способы тушения электромобилей пожарной охраной. // Журнал «Достижения науки и образования». CyberLeninka [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravila-i-sposoby-tusheniya-elektromobiley-pozharnoy-ohranoy/viewer> (дата обращения 13.10.2021).

6. *Елисеев Ю. Н., Мокряк А. В.* Анализ пожарной опасности литий-ионных аккумуляторных батарей. // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». CyberLeninka [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-pozharnoy-opasnosti-litii-ionnyh-akkumulyatornyh-batarey/viewer> (дата обращения 13.10.2021).

---

---

## **СЕКЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ** **ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ**

**УДК 656.021.8**

*Дарья Михайловна Глазырина,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: Glazirina98@mail.ru*

*Daria Mikhailovna Glazyrina,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: Glazirina98@mail.ru*

### **ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА**

#### **ORGANIZATION OF THE MOVEMENT OF URBAN PASSENGER TRANSPORT**

Городской пассажирский транспорт (ГПТ) превратился в неременный атрибут любого города и помогает его жителям и приезжим регулярно перемещаться в нужном направлении. Вместе с тем растущий парк личных автомобилей в условиях устаревшей дорожно-транспортной инфраструктуры объективно увеличивает загруженность улично-дорожной сети, создает заторы и пробки на дорогах и ухудшает экологическую обстановку в городах из-за повышенной концентрации выхлопных газов транспортных средств. В результате сокращается средняя эксплуатационная скорость ГПТ, нарушается график пассажирских перевозок. С целью совершенствования организации движения ГПТ производится оптимизация маршрутной сети и повышение технико-эксплуатационных показателей маршрутов общественного транспорта.

*Ключевые слова:* городской пассажирский транспорт, дорожно-транспортная инфраструктура, улично-дорожная сеть, выделенная полоса, средняя эксплуатационная скорость.

Urban passenger transport (UPT) has become an indispensable attribute of any city and helps its residents and visitors to regularly move in the right direction. At the same time, the growing fleet of personal cars in the conditions of outdated road transport infrastructure objectively increases the congestion of the road network, creates congestion on the roads and worsens the environmental situation in the city due to the increased concentration of vehicle exhaust gases. As a result, the

average operating speed of the UPT is reduced, the passenger transportation schedule is disrupted. In order to improve the organization of the UPT traffic, the route network is optimized and the technical and operational indicators of public transport routes are increased.

*Keywords:* urban passenger transport, road transport infrastructure, street and road network, dedicated lane, average operational speed.

ГПТ выполняет исключительно важные функции в жизни городов, удовлетворяя потребности жителей в перевозках. Под ГПТ принято понимать доступные и востребованные широкой публичной транспортные средства, одновременно перевозящие достаточно большое количество пассажиров по запланированным маршрутам за определенную плату.

В России традиционно выделяют следующие виды ГПТ:

- автобусы;
- трамваи;
- троллейбусы;
- метрополитен.

Самым распространенным видом ГПТ в городах и пригородах являются автобусы, которые требуют минимальной инфраструктуры, включающей автобусные парки, заправочные станции и ремонтные мастерские.

Исторически во многих городах России функционируют трамвайные и троллейбусные маршруты. Эти экологические виды транспорта требуют помимо оснащения парков и ремонтных мастерских эксплуатации контактных электрических сетей, а также рельсов для трамваев.

В крупных городах России с массовыми пассажиропотоками функционирует метрополитен, полностью обособленной от наземного транспортного потока (ТП).

По мере роста доступности для широких слоев населения России, происходит бурный рост количества личных автомобилей. Так, по данным Федеральной службы государственной статистики, число собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения России выросло с 130,5 в 2000 году до 321 в 2020 году, или на 246 %, при этом городское население на начало 2021 года составляет в России 74,74 % [1]. Следовательно, подавляющее большинство городского населения России сталкивается с ростом аварийности и ухудшением

экологической обстановки и здоровья жителей вследствие повышенной концентрации выхлопных газов, непроизводительными потерями времени из-за транспортных заторов и автомобильных пробок, а также повышенным расходом топлива. В результате совокупные потери, связанные с функционированием ГПТ в России, ежегодно оцениваются экспертами в сотни миллиардов рублей.

Автомобилизация населения обостряет для муниципалитетов городов серьезные социально-экономические и экологические проблемы, опережая развитие транспортной инфраструктуры и сервисной сферы. Большинство российских городов особенно в исторически сформированных центрах испытывают проблемы с пропускной способностью и перегрузкой узких улиц, нехваткой парковочных мест. Большой ТП в центре города создает повышенный шум и загрязнение атмосферного воздуха. Для обеспечения нормального функционирования улично-дорожной сети (УДС) требуются большие расходы муниципального бюджета.

Для успешного решения проблем повышения пропускной способности УДС, снижения транспортного времени в суточном балансе и повышения качества жизни жителей городов все больше городов мира переходят на концепцию устойчивого или сбалансированного развития, заключающуюся в экономической, социальной и экологической стабильности в долгосрочной перспективе [2].

Вышеперечисленные проблемы порождают противоречия между взглядами на перспективы развития ГПТ и индивидуальных транспортных средств (ТС).

Сторонники ГПТ видят решение транспортных проблем города в развитии маршрутной сети общественного транспорта с целью обеспечения для пассажиров высокого уровня подвижности и комфорта, сопоставимого с личным автомобилем.

Сторонники индивидуальных ТС призывают к развитию автомобилизации населения и максимального сокращения сферы ГПТ, как создающего помехи и замедляющего ТП в городах. Предлагается также строить транспортные развязки и путепроводы, расширять УДС, переходить на более экологичные и экономичные двигатели.

Естественно, оба подхода содержат как позитивные, так и негативные аргументы экономического, социального и экологического характера.



Реализация стратегии пространственного развития и всех тринадцати национальных проектов направлена на повышение качества жизни городского и сельского населения России. В целях повышения уровня благоустройства и комфортной городской среды, а также повышения безопасности дорожного движения в больших городах предусматривается создание пешеходных участков улиц, тротуаров и пешеходных переходов, отдельных полос для ГПТ, велосипедистов и водителей электросамокатов.

В городах с высокой плотностью расселения жителей представляется более предпочтительным развивать ГПТ. Перевозки ГПТ в крупных городах ежегодно растут, несмотря на снижение средних по России показателей. При этом состояние УДС не соответствует действующим нормативам, особенно в малых городах. Возникает парадоксальная ситуация, когда строительство транспортных развязок и модернизация УДС, ведущая к увеличению пропускной способности, ведет к росту индивидуальных ТС и снижению скорости их передвижения. Поэтому увеличение скорости передвижения и количества ГПТ возможно при ограничении пространства для индивидуальных ТС [4].

Следовательно, повышение эксплуатационной скорости (ЭС) ГПТ выступает важнейшим фактором обеспечения мобильности жителей городов.

Для повышения ЭС ГПТ требуется соблюдать, прежде всего, безопасность пассажирских ТС: они должны быть технически исправными и соответствовать условиям УДС. Также необходимы высокий профессионализм и дисциплина водителей и всего обслуживающего персонала, обустроенные и исправные улицы и проспекты, рациональная организация движения общественного транспорта. Кроме того, ГПТ должен быть вместительным, низкопольным, с климатическим контролем внутри салона и прочим комфортом для пассажиров.

Дальнейшее повышение эффективности функционирования ГПТ связано с реализацией мероприятий организационного характера и методов организации дорожного движения.

К мероприятиям организационного характера относятся:

- оптимизация действующей маршрутной сети и расписания движения ГПТ;

- внедрение электронной оплаты проезда;
- регулирование движения ГПТ на основе специальных режимов для светофоров;
- лимитирование въезда индивидуальных ТС в центр города;
- организация перехватывающих парковок для индивидуальных ТС;
- вовлечение маршрутных такси в маршрутную сеть ГПТ;
- применение остановок ГПТ по требованию в наименее загруженных городских районах;
- применение АСУДД.

К методам организации дорожного движения ГПТ могут быть отнесены следующие:

- организация раздельного движения ГПТ с выделением отдельной полосы движения;
- организация движения ГПТ на разных уровнях;
- организация линий скоростного автобуса или метробуса BRT (от английского Bus Rapid Transit);
- организация линий легкого рельсового транспорта ЛРТ (от английского Light Rail Transport);
- организация транспортных пересадочных узлов;
- организация остановок с пешеходными переходами между перекрестками.

Во многих странах мира успешно применяется разделение движения ГПТ в пространстве с выделением отдельной полосы, существенно повышая ЭС. В крупнейших городах Германии, Великобритании, России, США, Казахстана и других стран для движения ГПТ на широких улицах организованы обособленные полосы для общественного транспорта. В некоторых случаях крайняя правая или крайняя левая полоса отделяется так называемыми делинеаторами или искусственными бордюрами.

Для администрации городов разработка методологического обоснования целесообразности организации движения ГПТ с выделенными приоритетными полосами превращается в сложную и актуальную задачу. Как правило, улицы городов имеют ограниченную ширину, поэтому устанавливаются дорожные знаки, запрещающие парковку вдоль дорог. Для выбора оптимального варианта организации

выделенной полосы для движения ГПТ учитываются разные факторы, включая типы и вместимость ТС общего пользования, ширины улиц, количества остановок, величины ТП, наличия магазинов, предприятий сферы услуг. В зависимости от данных факторов в качестве выделенной полосы для движения ГПТ выбираются разные варианты: крайняя правая полоса, вторая справа, крайняя левая или полоса, расположенная навстречу потоку при одностороннем движении. Каждый вариант имеет свои достоинства и недостатки и подкрепляется техническими средствами организации дорожного движения, которые можно разделить на три основные группы:

- дорожные ограждения,
- дорожная разметка,
- светофорное регулирование.

Каждый из них можно применять как отдельно, так и в различных комбинациях.

В крупных городских агломерациях движение ГПТ организуется с применением мостов, эстакад, автомагистралей на двух и более ярусах. Как правило, верхние ярусы магистралей являются платными, на них отсутствуют светофоры, тем самым достигается высокая ЭС.

Метробус или скоростной автобус BRT (от английского Bus Rapid Transit) также организован с выделением обособленной полосы на протяжении практически всего маршрута. Как правило, используются вместительные сочлененные многосекционные автобусы, имеющие преимущества на светофорах и перекрестках. Это делает скоростной автобус BRT быстрым, надежным с высокой провозной способностью.

Остановки на линиях скоростного автобуса BRT иногда оборудуются по принципу станции. Так, например, в Стамбуле остановки метробуса изолированы со всех сторон, оборудованы турникетами и автоматами, с помощью которых можно пополнить проездную карту. Такая организация остановок позволяет пассажирам производить посадку в метробус быстрее, а саму поездку делает комфортнее.

В некоторых странах можно встретить направляемые автобусы.

В ряде стран мира организована эксплуатация линий легкого рельсового транспорта ЛРТ (от английского Light Rail Transport). На линиях ЛРТ устанавливаются бесшумные рельсы, а габариты, грузоподъемность и скорость передвижения меньше, чем у метрополитена

и железной дороги. Применяются вместительные сочлененные многосекционные трамваи с низким полом, что очень удобно при посадке и высадки пассажиров. В том же Стамбуле остановки ЛРТ частично ограждены и оборудованы турникетами.

В крупных городах, в которых эксплуатируются разные виды ГПТ, организуются транспортные пересадочные узлы. Так, в Москве построен 41 транспортный пересадочный узел, 57 будут завершены в ближайшее время, а 33 новых будут построены до 2023 года.

Для удобства пассажиров и водителей ТС остановки общественного транспорта организуются между перекрестками. К ним сооружаются нерегулируемые пешеходные переходы.

Проводимая в России цифровая трансформация повышает возможности транспортного моделирования по развитию транспортной системы городов и улучшению организации дорожного движения в целом и движения ГПТ, в частности, на основе совершенствования автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУДД).

Повышение уровня загрузки УДС приводит к существенному снижению качества транспортного обслуживания населения транспортом общего пользования. Скорость движения всего ТП, включая ГПТ, определяется с учетом остановок перед запрещающим сигналом светофора, задержек на пересечениях, а также затрат времени посадку-высадку пассажиров на остановках.

Для обеспечения повышения скорости и регулярности пассажирских перевозок в комплекс обеспечивающих мер включают разного рода мероприятия.

Большинство населения городов пользуется общественным транспортом. Основное внимание уделяется различным аспектам приоритетного развития ГПТ. Так, в Москве основное внимание сосредоточено на организации выделенных полос, оптимизации маршрутной сети, обновлению подвижного состава и организации транспортных пересадочных узлов.

Таким образом, положительный эффект от грамотной организации движения ГПТ заключается в росте пассажиропотока, увеличении доходов от транспортного обслуживания населения, относительного снижения количества подвижного состава и экономии прямых и косвенных затрат администрации городов.

### Литература

1. Статистика // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. – 2021. – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 27.12.2021).
2. Горев А. Э. Городской транспортный комплекс: учебник / Горев А. Э., Попова О. В., Солодкий А. И. – Москва: КноРус, 2022. – 273 с. – URL: <https://book.ru/book/942419> (дата обращения: 28.12.2021). – Текст: электронный.
3. Горев А. Э., Оспанов Д. Т. Проектирование систем городского пассажирского транспорта, четвертая книга из серии «Библиотека транспортного инженера», Санкт-Петербург, 2018.
4. Нарышкин К. А. Пути повышения эксплуатационной скорости наземного городского пассажирского транспорта общего пользования. // Вестник науки: Том 2. № 5 (14), 2019. – С. 134–139.
5. Harriet R. Smith, P Brendon Hemily, and Miomir Ivanovic. Transit signal priority (TSP): A Planning and Implementation Handbook. ITS America, Washington, DC: 2005.

УДК 656.025.2

Екатерина Васильевна Жарикова,  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: zharikovaev@yandex.ru

Ekaterina Vasilevna Zharikova,  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: zharikovaev@yandex.ru

## ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА АВТОБУСНЫХ ПЕРЕВОЗОК

### INDICATORS OF THE QUALITY OF BUS TRANSPORTATION

В данной статье представлены основные показатели качества автобусных перевозок, а также рассматривается удовлетворенность пассажиров услугами транспорта общего пользования. К одной из главных задач транспорта общего пользования относится обеспечение мобильности населения. От степени удовлетворенности населения передвижением зависит как экономическое развитие региона, так и социальные отношения. Специалистами установлена закономерность между временем, затрачиваемым на передвижение, и производительностью труда. Таким образом, чем больше времени затрачивается на передвижение на транспорте, тем ниже производительность труда. Отсюда возникает термин «транспортная усталость». В настоящее время общественный транспорт имеет достаточно большой диапазон проблем, из-за которых становится непривлекательным для населения, например: растут затраты времени на перемещение, зачастую не соблюдается график движения, низкий уровень культуры обслуживания, небезопасная манера вождения. По этой причине необходимо создание ценностных предложений, которые станут привлекательными для пользователей личных автомобилей с целью их перехода на пользование общественным транспортом. В статье приведены примеры факторов, которые обуславливают удовлетворенность потребителей услугами городских автобусных перевозок.

*Ключевые слова:* качество перевозки, пассажирские перевозки, транспорт общего пользования, удовлетворенность потребителей.

This article presents the main indicators of the quality of bus transportation, and also examines the satisfaction of passengers with public transport services. One of the main tasks of public transport is to ensure the mobility of the population. On the degree of satisfaction of the population both the economic development of the region and social relations depend on movement. Specialists have established a pattern

between the time spent on movement and labor productivity. Thus, the more time it takes to travel by transport, the lower labor productivity. Hence the term “transport fatigue”. Currently, public transport has a fairly large range of problems due to which it becomes unattractive for the population, for example: the time spent on moving is increasing, the traffic schedule is often not observed, the low level of service culture, unsafe driving style. For this reason, it is necessary.

*Keywords:* transport quality, passenger transportation, public transport, customer satisfaction.

В наши дни в связи с интенсивным развитием городских агломераций проблема улучшения качества автобусных перевозок становится все более актуальной. Автобусные перевозки являются неотъемлемой частью инфраструктуры мегаполиса и оказывают влияние на уровень жизни в городе, обеспечивая мобильность населения.

Требования к организации пассажирских перевозок и обеспечению их качества содержатся в Федеральном законе от 13 июля 2015 г. № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортном и городских наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Качество транспортного обслуживания, согласно определению Спирина И. В., – это совокупность свойств перевозочного процесса и системы перевозок пассажиров, обуславливающих удовлетворение потребностей пассажиров в поездках в соответствии с установленными нормативными требованиями [1].

В настоящее время в России сфера пассажирского автомобильного транспорта имеет достаточное количество серьезных проблем, которые в свою очередь влияют на качество перевозок в системе городского пассажирского автомобильного транспорта:

- Износ значительной части парка. Средний возраст автобусного парка составляет 16,5 лет, более 80 % автобусов эксплуатируются в возрасте старше 15 лет [2];
- Низкий уровень пропускной способности улично-дорожной сети в городах;
- Несоблюдение графика движения, отсутствие системы оперативного информирования пассажиров о фактическом времени прибытия на остановочный пункт транспортных средств [3];

- Подвижной состав не соответствует требованиям экологической безопасности и комфорту;
- Низкий уровень культуры обслуживания: хамское отношение персонала к пассажирам.

При оценке уровня качества работы общественного транспорта очень важно учитывать запросы потребителя услуги.

В Российской Федерации социальный стандарт транспортного обслуживания населения на автомобильном транспорте и городском наземном электрическом транспорте утвержден приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 31.01.2017 № НА-19-р. Согласно данному стандарту качество транспортного обслуживания населения – это интегральная оценка уровня транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом по маршрутам регулярных перевозок [13]. При определении качества обслуживания необходимо ориентироваться на следующие показатели: доступность, надежность и комфортность.

Показатели, которыми определяется качество обслуживания пассажиров автобусными перевозками содержатся в ГОСТ Р 51825-2001 «Услуги пассажирского автомобильного транспорта». Проанализировав номенклатуру показателей качества представим структуру показателей оценки качества перевозок пассажиров автобусными перевозками в табл. 1.

Таблица 1

Структура показателей качества обслуживания пассажиров [4]

| Свойства услуги            | Характеристика услуги   |
|----------------------------|---|
| Своевременность и скорость | Осуществление перевозки в соответствии с установленным расписанием, а также другими требованиями, которые предусмотрены договором перевозки |
| Комплексность              | Выполнение составляющих технологического содержания услуги  |



Окончание табл. 1

| Свойства услуги                 | Характеристика услуги  |
|---------------------------------|--|
| Информативность и достоверность | Обеспечение пассажиров необходимой и достоверной информацией об отправлении (прибытии) автотранспортных средств, правилах проезда и провоза багажа, маршруте, местах расположения огнетушителя и аптечки, аварийных выходов и о способах их открытия |
| Доступность                     | Установление соответствующих социальных, экономических и технических характеристик услуги с целью обеспечения возможности доступа различных групп пассажиров к пользованию услугой в соответствии с ее назначением                                   |
| Сохранность багажа              | Доставка багажа в установленные сроки  |
| Безопасность                    | Сохранность окружающей среды, а также соблюдение требований безопасности для жизни и здоровья граждан  |
| Комфортность                    | Обеспечение перевозчиком соблюдения требований к условиям сервиса при нахождении пассажиров в автотранспорте   |

Система управления качеством представлена также и международными стандартами, которые необходимо учитывать в современных условиях. Данные стандарты можно использовать для стандартизации подходов к управлению качеством. Помимо этого, они помогут обосновать необходимость повышения качества [7], [8]. В табл. 2 представим критерии и показатели качества транспортных услуг в странах ЕС [9].

Таблица 2

**Критерии и показатели качества транспортных услуг в странах ЕС**

| Критерии                      | Показатели удовлетворенности  |
|-------------------------------|---|
| Заторы                        | Просмотр расписания в режиме реального времени  |
| Внимание к потребителю услуги | Обратная связь с пассажирами  |
| Информативность               | Необходимая актуальная информация в открытом доступе  |
| Ценообразование               | Доступность для всех категорий граждан  |
| Комфорт                       | Безопасность и комфорт  |
| Имидж предприятия             | Оценка транспортного предприятия потребителями услуги   |
| Индивидуальность              | Стремление предприятия удовлетворить потребителя, способность ответить на возникающие вопросы |
| Остановочные пункты           | Удобство расположения и оснащение   |

Анализ научных трудов в области формирования показателей качества обслуживания на наземном транспорте общего пользования показал, что существует множество факторов, влияющих на удовлетворение качеством обслуживания автобусных перевозок, отличных от ГОСТ Р 51825-2001.

В одной из своих работ, автор исследует оперативную оценку качества услуг городского пассажирского транспорта и особенно выделяет показатель надежности услуг системы ГПТ. Надежность включает в себя регулярность события и гарантированность уровня обслуживания [5].

Другим автором, методом анкетирования были выявлены дополнительные показатели транспортного обслуживания: качество работы маршрута, качество труда производственного подразделения [6].

В работе Г. А. Варелопуло «Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте» [12] рассматриваются следующие показатели качества обслуживания пассажиров ГПТ:

- доступность;
- комфорт поездки;
- минимум затрат времени на передвижение по городу;
- высокая надежность работы подвижного состава;
- регулярность сообщений при безусловном обеспечении безопасности перевозок.

Таким образом, существует ряд показателей, который характеризует степень удовлетворенности пассажиров перевозками транспорта общего пользования. Исходя из данных показателей решаются различные задачи и разрабатываются мероприятия для повышения качества перевозки пассажиров.

В современном мире активно развивается концепция по созданию устойчивой городской мобильности, что значительно может повлиять на улучшение качества обслуживания пассажиров транспортом общего пользования. Городская мобильность представляет собой перемещение людей по городу. Концепция «Мобильность как услуга» представляет будущее транспорта [12]. Предполагается, что станут выше показатели качества перевозок транспортом общего пользования: комфортабельность, безопасность и надежность. Суть концепции MAAS заключается в том, что главным объектом транспортной услуги станет потребитель. Таким образом, планируется получить:

- персонализированный способ передвижения с учетом персональных потребностей;
- интеграция различных способов передвижения различными видами транспорта в единую услугу;
- обслуживание через единый счет с периодической оплатой;
- возможность использования гаджетов в различных видах транспорта.

ЕЭК ООН в 2020г. выпущено «Руководство по устойчивой городской мобильности и пространственному планированию», основанное на опыте городов. Таким образом, согласно руководству, в городской стратегии необходимо уделять особое внимание совершенствованию

общественного транспорта, так как он является одним из ключевых элементов развития пригодного для жизни города [10].

### Литература

1. *Спирин И. В.* Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник для студ., учреждений среднего проф. образования./Изд. 5-е, перераб. М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 400 с.
2. РБК. URL: <https://plus.rbc.ru/specials/avtobusy-idut-na-obnovlenie>.
3. *Загорский И. О.* Эффективность организации регулярных перевозок пассажирским автомобильным транспортом/И. О. Загорский, П. П. Володькин. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2012. – 154 с.
4. ГОСТ Р 51825-2001 «Услуги пассажирского автомобильного транспорта. Общие требования».
5. *Семчугова Е. Ю.* Оперативная оценка качества услуг в управлении городским пассажирским транспортом : дис. канд. экон. наук/Е. Ю. Семчугова. – Хабаровск; 2003. – 195 с.
6. *Фролов К. В.* Формирование показателей и нормативов качества городских автобусных перевозок : дис. канд. экон. наук/М. : 2005. – 156 с.
7. ГОСТ Р ИСО 9000-2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М. : Госстандарт России, 2001. – 27 с.
8. ГОСТ Р ИСО 9001-2001. Системы менеджмента качества. Требования. – М. : Госстандарт России, 2001. – 29 с.
9. *Завьялов Д. В.* Удовлетворенность потребителей в системе управления качеством транспортного обслуживания//Человеческий капитал и профессиональное образование / Лопатинская И. В., Ефимова Д. М., Волков Д. К. – 2015. – № 4 (16) – 26–31 с.
10. ЕЭК ООН Пресс-релиз. URL: <https://unece.org/ru/press/eek-oon-vypuskaet-rukovodstvo-po-ustoychivoy-gorodskoy-mobilnosti-i-prostranstvennomu>.
11. *Варелонуло Г. А.* Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте. – М. : Транспорт, 1990. – 208 с.
12. Система МaaS и ее проблематика. Статья. URL: <https://e-management.guu.ru/jour/article/viewFile/15/16>.
13. Распоряжение от 31 января 2017 года № НА-19-р «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом».

**УДК 656.13**

*Владимир Евгеньевич Круг,*

магистрант

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: vladimirklug@yandex.ru*

*Vladimir Evgenyevich Klug,*

Master's degree student,

(Saint Peterburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: vladimirklug@yandex.ru*

**ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОМОДЕЛИРОВАНИЯ  
ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ  
ОСНОВАМ РАЗРАБОТКИ АЛГОРИТМОВ  
УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОФОРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

**APPLICATION OF TRAFFIC FLOW MICROSIMULATION  
IN TEACHING THE BASICS OF DEVELOPING TRAFFIC  
SIGNAL CONTROL ALGORITHMS**

В данной статье рассматривается возможность применения метода программно-аппаратного моделирования (ПАМ), используемого в практике проектирования алгоритмов управления светофорными объектами, при разработке курса лабораторных работ по дисциплине «Организация и безопасность дорожного движения».

*Ключевые слова:* автоматизированные системы управления дорожным движением, программно-аппаратное моделирование, дорожный контроллер, дорожное движение, светофор.

This article discusses the possibility of using the method of hardware-software modeling (HSM), used in the practice of designing algorithms for traffic lights control, in the development of a course of laboratory work on the discipline “Organization and Safety of Road Traffic”.

*Keywords:* automated traffic control systems, hardware-software simulation, traffic signal controller, road traffic, traffic lights.

Тенденция постоянного развития и усложнения транспортной инфраструктуры в городах РФ обуславливает необходимость в совершенствовании методик подготовки квалифицированных специалистов в области организации и управления дорожным движением, в том числе – с применением современных информационных технологий [1]. Подготовка и обучение специалистов по направлению 23.03.01

«Технологии транспортных процессов» на кафедре транспортных систем автомобильно-дорожного факультета СПбГАСУ предусматривает изучение специальной дисциплины Б1.В.ОД.7 «Организация и безопасность дорожного движения», один из разделов которой посвящен изучению принципов организации управления транспортными и пешеходными потоками УДС с применением АСУ дорожным движением (АСУДД).

В работе предлагается проект курса лабораторных занятий, цель которого – сформировать у студентов навыки проектирования алгоритмов работы светофорных объектов на основе метода программно-аппаратного моделирования с применением комплекса программного обеспечения, используемого разработчиками АСУ ДД «СПЕКТР».

В настоящее время наиболее эффективным методом автоматизированного управления транспортными потоками на городских магистралях и перекрестках является метод адаптивного управления [2]. В основу алгоритмов адаптивного управления транспортными и пешеходными потоками на перекрестке положена идея о необходимости принятия решения на изменение текущего состояния светофорного объекта, исходя из результатов прогноза развития обстановки на перекрестке в пределах краткосрочного временного интервала длительностью от десятков секунд до нескольких минут. Это обстоятельство, в свою очередь, обуславливает обязательное наличие в структуре алгоритма адаптивного управления имитационной микромоделю поведения транспортных и пешеходных потоков на заданном участке УДС.

Специалисты в области проектирования алгоритмов адаптивного управления светофорными объектами считают [3, 5], что для построения основы алгоритма адаптивного управления – имитационной микромоделю, наилучшим образом применима технология программно-аппаратного моделирования. Технология ПАМ широко используется как метод проектирования сложных организационно-технических систем во многих отраслях науки и техники в тех случаях, когда проведение натурных экспериментов невозможно в силу существующих объективных причин.

Микромоделю, разработанные по технологии ПАМ, предполагают создание точной алгоритмической копии дорожного контроллера (ДК),

включаемой в контекст виртуальной среды моделирования. На рис. 1 представлена схема процесса имитационного моделирования [4]. Процесс состоит из 3 этапов:

1. Подготовка транспортной сети и сценария моделирования (ввод исходных данных – значений характеристик транспортного спроса и транспортной сети).
2. Непосредственно микромоделирование в соответствии с принятым сценарием.
3. Обработка результатов.

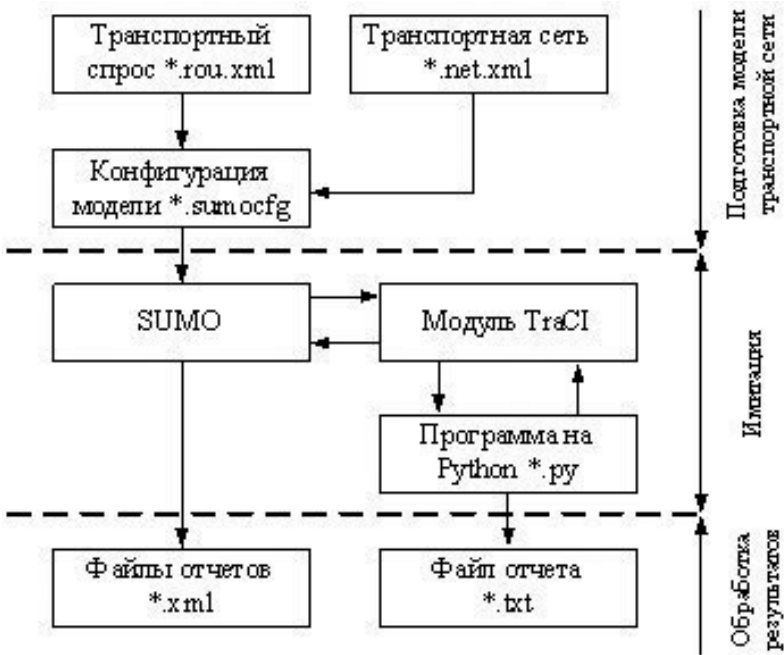


Рис. 1. Схема процесса имитационного моделирования

Структурная схема взаимодействия модулей программного обеспечения, реализующих технологию ПАМ в программно-аппаратной среде АСУДД «СПЕКТР» [4], представлена на рис. 2.





Назначение и краткая характеристика составных частей ПО имитационного моделирования АСУДД «СПЕКТР».

Программными продуктами, реализующими в АСУДД «СПЕКТР» технологию ПАМ, являются:

1. Программа – редактор УДС Net329edit (разработчик – ЗАО «РИПАС»),
2. Программа – конфигуратор настроек ДК Conson (разработчик – ЗАО «РИПАС»),
3. Программа имитационного моделирования SUMO – GUI (Simulation of Urban Mobility) (разработчик – Институт транспортных систем немецкого аэрокосмического центра), имеющая открытую (непроприарную) лицензию;
4. Программный модуль «SITL SUMO – Qspectr» – виртуальная модель дорожного контроллера «СПЕКТР». Данный модуль написан специалистами ЗАО «РИПАС» с использованием программного инструментария SUMO, модуль работает в программной среде SUMO, под управлением модуля «SUMO-GUI».

Вышеперечисленные модули ПО размещены в памяти ПК АРМ оператора АСУ ДД «СПЕКТР», исполняющего поэтапно:

1. ввод исходных данных – с помощью инструментария программ Net329edit (редактор УДС) и Conson (конфигуратор настроек дорожного контроллера),
2. симуляцию – с помощью программы SUMO-GUI, сопровождаемую визуализацией процесса работы модели в виде анимации с возможностью синхронного сравнения анимации с фрагментом видеозаписи обстановки на реальном перекрестке. Конечным результатом моделирования является сформированный файл конфигурации настроек дорожного контроллера (на рис. 2 – файл «Конф. ДК № 1»). Содержание файла соответствует такому варианту «поведения» модели, который признается адекватным реальному поведению транспортных потоков на реальном перекрестке. В дальнейшем файл конфигурации ДК записывается в память реального дорожного контроллера в качестве готовой сигнальной программы.

Описанную выше последовательность действий оператора АСУДД по формированию имитационной модели – важнейшей составной части алгоритма адаптивного управления светофорным

объектом, целесообразно внедрить в учебный процесс в качестве методологической основы комплекса лабораторных работ по дисциплине «Организация и безопасность дорожного движения» в части изучения АСУДД.

Предлагаемый перечень тем лабораторных работ:

1. Основы работы в среде редактора УДС. Построение графической модели перекрестка.
  2. Подготовка файла конфигурации настроек дорожного контроллера (ДК) для простейшего перекрестка в среде программы – конфигуриатора дорожного контроллера.
  3. Расчет циклов светофорного регулирования с применением программного обеспечения АСУДД «СПЕКТР».
  4. Разработка алгоритма по – фазного управления светофорным объектом с применением детекторов транспорта и кнопки вызова пешехода.
  5. Управление по направлениям. Алгоритм активного многокольцевого управления.
  6. Координированное управление светофорными объектами. Разработка алгоритма режима координированного управления группой светофорных объектов.
  7. Разработка алгоритма управления светофорных объектов с учетом обеспечения приоритетного проезда общественного транспорта.
- Достоинства предложения:

1. В результате внедрения комплекса лабораторных работ процесс освоения специальной дисциплины «Организация и безопасность дорожного движения» получит практическую составляющую, что способствует более глубокому освоению учащимися теоретических основ этой дисциплины и в целом поднимет качество подготовки специалистов по направлению «Технологии транспортных процессов».

2. В ходе выполнения комплекса лабораторных работ студенты приобретут практические инженерные навыки в области проектирования алгоритмов управления светофорными объектами с применением программного обеспечения, реально используемого специалистами – разработчиками и эксплуатантами АСУДД.

С целью практической проверки предложенных подходов к обучению студентов летом 2021 года в процессе прохождения

производственной практики в ЗАО «РИПАС» несколько студентов учебной группы «Технологии транспортных процессов» (ТПП) 3 курса за короткий период (менее месяца) под управлением специалистов предприятия успешно освоили способы и приемы работы с комплексом вышеописанных программных продуктов. Поставленные перед ними производственные задачи по проектированию алгоритмов адаптивного управления светофорными объектами на реальных «проблемных» перекрестках города Санкт-Петербурга были выполнены на «отлично», что позволяет сделать следующие выводы:

1. Методика проектирования алгоритмов управления светофорными объектами с использованием технологии ПАМ, применяемая специалистами ЗАО «РИПАС», вполне доступна для освоения студентами 3 курса специальности ТПП.

2. Освоив эту методику, студенты приобретут практические навыки самостоятельного решения реальных инженерно – технических задач в области проектирования алгоритмов управления светофорными объектами.

### Литература

1. *Солодкий А. И.* Развитие интеллектуальных транспортных систем в России: проблемы и пути их решения. Новый этап. Журнал «Интеллект. Инновации. Инвестиции». – 2020. – № 6. – С. 10–19. Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия.

2. Курс лекций «Организация и безопасность дорожного движения» Часть 2. Лекция 13. Лектор А. И. Солодкий, URL: [https://moodle.spbgasu.ru/pluginfile.php/346997/mod\\_resource/content/8/ОБД-лекция-ч.2-13-2021.html](https://moodle.spbgasu.ru/pluginfile.php/346997/mod_resource/content/8/ОБД-лекция-ч.2-13-2021.html) (дата обращения 26.10.2021 г.).

3. *Подозеров Н. Е.* «Практика использования свободного ПО для комплексного программно-аппаратного моделирования алгоритмов АСУДД» Доклад на III Международной конференции «Транспортное планирование и моделирование», Москва, 24.05. 2018 г. МАДИ, URL: <https://clck.ru/DRujq> (дата обращения 26.10.2021 г.).

4. *Власов А. А., Орлов Н. А., Чушина Ж. А.* «Использование программы микроскопического моделирования SUMO для оценки эффективности алгоритмов управления транспортными потоками». URL: <https://technology.snauka.ru/2014/09/4418> (дата обращения 26.10.2021 г.).

5. A Hands-On Approach to Traffic Signal Timing Education. Published by the National Institute for Advanced Transportation Technology, April 2009, University of Idaho, Moscow, Idaho, Copyright 2009 – Michael Kyte URL: [www.webpages.uidaho.edu](http://www.webpages.uidaho.edu). (дата обращения 26.10.2021 г.).

УДК 625.7

*Алиса Александровна Куринова,*  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: aliska129@yandex.ru*

*Alisa Aleksandrovna Kurinova,*  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: aliska129@yandex.ru*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ СУБЪЕКТОВ РФ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

### **IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF TRANSPORT SYSTEMS OF THE SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION USING MATHEMATICAL MODELING**

Моделирование пассажирского транспорта и транспортных потоков, а также дорожной сети крупных городов актуально в связи с увеличением объема перевозок. Для достижения поставленных целей в данной работе используется интегрированная модель спроса на перевозки, основанная на методе прогнозирования транспортных и пассажирских потоков с использованием четырехшагового подхода. Существует огромное количество транспортных моделей, основанных на четырехшаговом подходе, но этот подход является лишь общей схемой расчета. Разрабатываемая транспортная трехуровневая модель субъекта Российской Федерации предлагает конкретные решения для подготовки данных, алгоритмы на всех этапах расчета, а также взаимосвязь этих этапов (оценка общего объема перемещений, расчет соответствий, модальное разделение и распределение потоков по сети).

*Ключевые слова:* моделирование, транспортное планирование, транспортные потоки, PTV Visum, информационно-аналитические системы.

Modeling of transport and passenger flows in the transport network of large cities is relevant due to the increase in traffic volume. To achieve these goals, this paper uses an integrated model of transportation demand based on the method of forecasting transport and passenger flows using a four-stage approach. There are a large number of transport models in the world based on a four-step approach, but this approach is only a general calculation scheme. The developed three-level transport model of the subject of the Russian Federation offers specific solutions for data preparation,

algorithms at all stages of calculation, as well as the relationship of these stages (estimation of the total volume of movements, calculation of correspondences, modal separation and distribution of flows over the network).

*Keywords:* modeling, transport planning, traffic flows, PTV Visum, information and analytical systems.

Целью работы является организация эффективного функционирования транспортной системы субъекта Российской Федерации при помощи построения трехуровневой транспортной модели для города, агломерации и области на примере Псковской области. Для решения данной задачи необходимо разработать сценарий взаимодействия элементов транспортной модели [1–3].

Целью исследования является Псковская область. Как административный центр области, г. Псков расположен примерно в одинаковой близости от Санкт-Петербурга (283 км), Таллина (280 км) и Риги (260 км). Расстояние до Москвы составляет 689 км.

В административно-территориальную структуру области входят два города областного значения и двадцать четыре муниципальных образований. В состав муниципальных районов входят 85 сельских и 25 городских поселений и населенных пунктов, а также Залитские острова.

Протяженность транспортной сети на территории области составляет 23 707 км. Уровень автомобилизации населения составляет 384,8 ед./1000 чел. По территории области проложено 129 муниципальных маршрутов.

Основными проблемами транспортной системы Псковской области являются:

- слабо развитая пешеходная и велосипедная инфраструктура;
- неудовлетворительное состояние остановочных пунктов;
- отсутствие приоритете движения транспорта общего пользования;
- более 10 % населения 3-х муниципальных районов не имеют регулярного транспортного сообщения с административными центрами;
- высокий социальный риск;
- более 50 % автомобильных дорог регионального значения не имеют твердого покрытия.

Многие транспортные проблемы возможно решить при помощи транспортного моделирования.

Транспортная модель – визуальное отображение сложных транспортных процессов, с возможностью их прогнозирования в зависимости от различных условий [4].

При помощи моделирования решаются такие задачи как:

- прогноз транспортных и пассажирских потоков, анализ их изменения;
- формирование предложений по реализации мероприятий по ремонту, строительству или реконструкции дорог;

- оптимизация работы общественного транспорта и многое другое.

Модель транспортной системы Псковской области выполнена в программном комплексе PTV Visum 2020. Это аналитическая информационная система, позволяющая осуществлять стратегическое и оперативное планирование перевозок, прогнозирование объемов перевозок, обоснование инвестиций в развитие транспортной инфраструктуры, оптимизацию транспортных систем городов и регионов, а также систематическое хранение и моделирование транспортных данных. Программный комплекс PTV Visum интегрирует всех участников движения (автомобили, различные классы грузовиков, общественный транспорт, пешеходов и прочее) в единую математическую транспортную модель.

Данный продукт объединяет данные географической информационной системы и передает данные обеспечения в единую базу данных с различными уровнями.

Главной задачей является представление текущих и прогнозируемых транспортных потоков путем анализа плотности трафика, времени в пути, затрат и изучения различных сценариев. На этапе VISUM-моделирования производится анализ проблематичных мест. Если имеется необходимость точечного представления объекта (перекрестка, участка), то возможно использовать и построить модель в VISSIM. Поскольку эти два продукта имеют одного разработчика, то они легко интегрируются друг с другом [4].

Структура программы состоит из модели транспортного спроса, модели транспортной сети, модели взаимодействия спроса и предложения и конечный результат в виде вычисленных свойств.

При моделировании транспортной системы Псковской области, в первую очередь, разрабатывался граф улично-дорожной сети,

который включает в себя отрисовку улиц и дорог, и их пересечений, ввод данных о параметрах УДС, ввод данных об ОДД.

Таблица 1

**Значения атрибутов графа транспортной сети**

|  |  |
|--|--|
| <p>Число ребер графа транспортной системы, содержащегося в модели, по типам, включая:</p> <p>а) участки сети дорог;</p> <p>б) участки железнодорожных путей;</p> <p>в) участки водных путей;</p> <p>г) участки маршрутов ПТОП всех видов</p> | <p>Всего: 8880</p> <p>В том числе:</p> <p>– участки сети дорог: 8159;</p> <p>– участки маршрутов ПТОП всех видов: 6200;</p> <p>– участки железнодорожных путей 404</p> |
|--|--|

При создании транспортной модели недостаточно данных только о структуре самой транспортной сети и существующем парке транспортных средств. Кроме того, требуется описание взаимосвязей пространства сетевого моделирования с другими слоями функционально-пространственной структуры и описание функционально-пространственной структуры региона. Для решения этой задачи организованы транспортные зоны. Произведено условное разделение исследуемого объекта на 148 внутренних транспортных зон. Критерием определения границ транспортных зон является наличие искусственных и естественных преград, таких как реки, долины, парки и зеленые насаждения. Жилые районы делятся по принципу принадлежности на большие кварталы и жилые массивы с несколькими общими входами/выходами.

Система общественного транспорта представлена в транспортной модели объектами транспортной сети, позволяющими детализировать информацию о количестве транспортных средств по определенным маршрутам. Параметры работы пассажирского транспорта (с разбивкой по категориям транспортных средств) для построения модели включают:

- маршруты движения пассажирского транспорта;
- расположение остановочных пунктов;
- интервал или расписание движения;
- время пассажирообмена на остановочных пунктах;
- тип и характеристики подвижного состава.

Методика моделирования представляет собой вариант стандартной четырехшаговой модели, которая состоит из следующих этапов:

1. Модель генерации транспортного трафика. На этапе генерации трафика вычисляются объемы движения из источника и объемы движения в цель для всех транспортных зон, детализированные по слоям спроса. Результатами расчета являются итоговые строки и столбцы матриц корреспонденций.

2. Региональная модель распределения транспортных потоков. На этапе генерации трафика в регионе объем трафика между всеми транспортными зонами детализируется по уровням спроса. Результатом расчета являются последние строки и столбцы матриц корреспонденции.

3. Модель выбора транспорта. На этапе выбора транспорта рассчитываются матрицы корреспонденций, каждая из которых соответствует поездкам с использованием определенного вида транспорта.

4. Модель перераспределения (выбора пути). Расчет перераспределения, дифференцированный по видам транспорта, позволяет получить модельные значения интенсивности транспортных потоков. Этап перераспределения является завершающим в цикле расчета спроса.

В процессе окончательной калибровки разработанной модели проводится серия вычислительных экспериментов с моделью, при этом изменяются определенные характеристики или параметры модели с целью достижения максимально возможного уровня соответствия данных натурных обследований расчетным значениям интенсивности.

В результате вычисляется набор показателей, характеризующих точность модели.

Принцип трехуровневой транспортной модели Псковской области заключается в связи транспортных потоков города, агломерации и области, при чем агломерация будет иметь возможность использования данных города, а область данные агломерации и тогда данные с одного уровня будут основой для модели более высокого уровня.



Таблица 2

**Параметры калибровки транспортной модели**

| Объект калибровки   | Изменение  |
|---|--|
| Данные структуры пространственного развития (степени создания и притяжения)   | Количество перемещений по слоям и сегментам спроса   |
| Функции оценки вероятности совершения поездки – параметры и тип функций, оценивающих вероятность поездки как функцию длины и времени в пути в моделях распределения и разделения транспортного движения | Средняя длительность поездок и пропорции между легковым и общественным транспортом   |
| Элементы главных диагоналей матриц затрат   | Ограничение перемещений внутри района  |
| Скорость и пропускная способность на отрезках   | Выбор пути при перераспределении   |
| Функции ограничения пропускной способности: параметры и вид функций, показывающих зависимость задержек в пути от загрузки дороги (отношение интенсивности движения к пропускной способности)            | Выбор пути при перераспределении   |
| Местоположение привязки примыканий к сети   | Выбор пути при перераспределении   |
| Доли входящих/выходящих потоков, приходящихся на каждое примыкание, в общем потоке транспортного района-источника/района-цели   | Изменение пропорций распределения, выходящего и входящего потоков района по примыканиям, изменение путей при перераспределении |

**Литература**

1. Правила подготовки документации по организации дорожного движения: утв. приказом Минтранса России от 26 декабря 2018 года № 480.
2. Постановление Правительства РФ от 25 декабря 2015 г. № 1440 «Об утверждении требований к программам комплексного развития транспортной инфраструктуры поселений, городских округов».

3. Об утверждении Методики отбора проектов строительства (реконструкции) автомобильных дорог (участков автомобильных дорог и (или) искусственных дорожных сооружений), реализуемых субъектами Российской Федерации в рамках концессионных соглашений, для предоставления иных межбюджетных трансфертов в целях достижения целевых показателей региональных программ в сфере дорожного хозяйства, предусматривающих реализацию указанных проектов: утв. приказом от 01 августа 2016 года № 221.

4. Руководство по применению транспортных моделей в транспортном планировании и оценке проектов. – СПб. : ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА», 2016. – 128 с. (Серия «Библиотека транспортного инженера»).

УДК 656.035.21

*Светлана Григорьевна Михайленко,*  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: lana.mikhaylenko.98@mail.ru*

*Svetlana Grigorievna Mikhailenko,*  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: lana.mikhaylenko.98@mail.ru*

## **ОБЗОР ЗАРУБЕЖНОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОПЫТА ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО КОНТРОЛЯ ОПЛАТЫ ПРОЕЗДА В НАЗЕМНОМ ПАССАЖИРСКОМ ТРАНСПОРТЕ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

### **OVERVIEW OF FOREIGN AND DOMESTIC EXPERIENCE OF ELECTRONIC CONTROL SYSTEMS OF PAYMENT IN PUBLIC PASSENGER TRANSPORT**

Статья посвящена обзору зарубежного и отечественного опыта внедрения систем оплаты проезда на наземном пассажирском транспорте общего пользования.

Рассмотрены следующие системы оплаты проезда: кондуктору наличными денежными средствами в г. Самаре и г. Уфе (Россия), автомат по продаже разовых билетов в г. Берлине (Германия), отправка СМС-сообщений с мобильного устройства в г. Шымкенте (Казахстан), автомат для оплаты проезда в г. Владивостоке (Россия) и г. Пусан (Южная Корея), биометрия (Face ID) в московском метрополитене и в г. Шэньчжэнь (Китай), считыватель бесконтактных карт в Санкт-Петербурге (Россия) и в г. Хельсинки (Финляндия), QR-код в г. Борисово (Россия) и в г. Нур-Султане (Казахстан). Выявлены преимущества и недостатки использования систем оплаты проезда.

*Ключевые слова:* автоматизированная система оплаты проезда, наземный пассажирский транспорт общего пользования, информационные технологии, электронный проездной билет, бесконтактная банковская карта.

The following systems of fare payment were considered: to the conductor in cash in Samara and Ufa (Russia), an automatic ticket vending machine to Berlin (Germany), sending SMS messages from a mobile device to Shymkent (Kazakhstan), an automatic toll machine in Vladivostok (Russia) and Busan (South Korea), biometrics (Face ID) in the Moscow metro and in Shenzhen (China), SBC to decipher in St. Petersburg (Russia) and in Helsinki (Finland), QR code in Borisovo (Russia) and Nur-Sultan (Kazakhstan). The advantages and disadvantages of using fare payment

systems are revealed. The automated technology of face recognition is highlighted and recommended for implementation.

*Keywords:* automated fare collection system, public ground passenger transport, information technology, e-ticket, contactless bank card.

XXI в. – век повсеместного внедрения информационных технологий. Информационные технологии проникли во все сферы нашей жизни, в том числе и на наземном пассажирском транспорте общего пользования (НПТОП).

В настоящее время, в крупных городах внедрены и успешно работают автоматизированные системы оплаты проезда. Которые позволяют отследить все факты оплаты проезда пассажиров и, как следствие, всю выручку перевозчиков на НПТОП [2].

Оплата проезда в НПТОП может осуществляться наличными денежными средствами, бесконтактными смарт картами, мобильными устройствами с NFC-модулем, брелоками подорожник, часами с NFC-модулем, биометрией. Рассмотрим несколько примеров систем оплаты проезда на НПТОП изложенных в таблице 1.

Таблица 1

**Достоинства и недостатки систем оплаты проезда**

| Система оплаты проезда             | Достоинства   | Недостатки  |
|------------------------------------|---|---|
| Наличными денежными средствами     | Безопасный способ оплаты проезда<br>Простой<br>Надежный<br>Отсутствуют технические сбои | Необходимость иметь при себе наличные деньги<br>Заработная плата кондукторам<br>Длительная печать разового проездного билета<br>Формирование очередей<br>Хищение денежных средств |
| Автомат по продаже разовых билетов | Заблаговременная покупка разового проездного билета<br>Отсутствие работы персонала      | Возможен вандализм<br>Не охраняется   |

Продолжение табл. 1

| Система оплаты проезда                         | Достоинства   | Недостатки   |
|--|---|--|
| Отправка СМС-сообщений с мобильного устройства | Мобильное устройство может быть любого поколения<br>Доступность<br>Безопасность   | Ограниченный заряд у мобильного устройства<br>Наличие мобильного устройства<br>Недостаточная осведомленность пассажиров о данной услуге<br>Данная технология не набрала популярности<br>Длительное выполнение оплаты проезда |
| Автомат для оплаты проезда                     | Водителю нет необходимости контактировать с пассажирами<br>Невозможность хищения денежных средств   | Низкая скорость оплаты<br>Замытие денежных средств<br>Водитель контролирует оплату проезда   |
| Биометрия (Face ID)                            | Нет необходимости пассажиру при себе иметь носители оплаты проезда, денежные средства<br>Безопасность, ввиду того что в устройстве стоит защита против близнецов<br>Автоматически происходит списание ресурса с проездного билета или бесконтактной банковской карты<br>Экономия на заработной плате кондукторов/ контролеров | Взгляд должен быть сосредоточен на камере<br>Сложность использования для пожилых людей и детей<br>Дороговизна оборудования и системы программного обеспечения  |

Окончание табл. 1

| Система оплаты проезда         | Достоинства   | Недостатки   |
|--------------------------------|---|--|
| Считыватель бесконтактных карт | Бесконтактная система оплаты проезда<br>Оплата за группу лиц до 5 человек и багаж<br>Скорость<br>Высокий уровень собираемости оплаты проезда<br>Пользование льготами<br>Прозрачность оборота денежных средств | Сбои в работе базового расписания (проходят двойные списания с проездных билетов и банковских карт)<br>Неустойчивая связь<br>Сбои в программном обеспечении                                  |
| QR-код                         | Доступность<br>Безопасность<br>Скорость   | Ограниченный заряд мобильного устройства<br>Наличие мобильного устройства<br>Недостаточная осведомленность пассажиров о данной услуге<br>Данный способ оплаты проезда не набрал популярности |

Внедрение в городах исключительно автоматизированной системы оплаты проезда без возможности приобретения разового проездного билета невозможно согласно закону РФ от 07.02.1992 № 2300-1 (ред. от 11.06.2021) «О защите прав потребителей» [1].

Продавец (исполнитель, владелец агрегатора в случае использования в своей деятельности наличных расчетов с потребителем) обязан обеспечить возможность оплаты товаров (работ, услуг) путем использования национальных платежных инструментов, а также наличных расчетов по выбору потребителя.

Обязанность обеспечить возможность оплаты товаров (работ, услуг) с использованием национальных платежных инструментов в рамках национальной системы платежных карт распространяется

на продавца (исполнителя, владельца агрегатора), у которого выручка от реализации товаров (выполнения работ, оказания услуг) за предшествующий календарный год превышает двадцать миллионов рублей.

Оплата проезда кондуктору наличными денежными средствами в г. Самара и г. Уфа (Россия). В г. Самара в муниципальных автобусах по состоянию на 1 января 2020 года 32 % пассажиров оплачивают наличными денежными средствами, 29 % пассажиров используют при оплате Единую транспортную карту, 16 % пассажиров оплачивают проезд студенческой картой и 15,6 % пассажиров оплачивают проезд картой школьника.

Покупка билета в автомате по продаже разовых билетов в г. Берлин (Германия) осуществляется как при прикладывании карточки к считывающему устройству, так и наличными. В случае покупки билета за наличные денежные средства нужно точно знать в пределах каких зон/колец вы хотите переместиться (зона/кольцо начальной станции, зона/кольцо конечной станции), с какой даты вы начнете перемещаться, какой билет необходимо купить. Виды билетов: (Einzelfahrkarten – разовый, Streifenkarte – комбинированный, Tageskarten – дневной или IsarCard – неделя, IsarCard – месяц). Принимают автоматы почти любую купюру, но сдачу отдают только монетами.

Отправка СМС-сообщений с мобильного устройства в г. Шымкент (Казахстан). Оплата проезда с помощью СМС-сообщения 2222. Для оплаты проезда необходимо отправить СМС с гаражным номером транспортного средства (ТС) на номер 2222. Гаражный номер ТС размещен на наклейках в салонах автобусов. В ответ на оплату поступит электронный билет за проезд в виде СМС-сообщения с номера 2222, который можно будет показать контролеру при проверке. Отправка SMS бесплатная. Сервис доступен на всех городских маршрутах [6].

В г. Владивостоке (Россия) и г. Пусан (Южная Корея) оплата проезда производится через автомат для оплаты проезда. Во Владивостоке данные автоматы были установлены на маршрутах № 15, № 98ц и № 98д, проект был реализован при участии южнокорейской компании Gideon Sysstech, которая входит в консорциум, специализирующийся на проектировании и производстве систем безналичной оплаты в общественном транспорте. Цель внедрения системы –

исключить из системы финансовых расчетов водителей, которые станут заниматься только своими непосредственными обязанностями – безаварийным вождением автобусов и качественным обслуживанием пассажиров, а также обеспечить полную прозрачность расчетов, максимальный учет поступающих средств и пассажиропотоков. Оплату за проезд можно будет произвести наличными, взамен получая билет и при необходимости сдачу. Данная технология не набрала популярности и была отменена [5].

Биометрия (Face ID) в московском метрополитене и в г. Шэньчжэнь (Китай). Для доступа к услуге в г. Шэньчжэнь гражданам необходимо скачать мобильное приложение и зарегистрироваться в нем. После проверки удостоверения личности и завершения процедуры распознавания лиц на терминалах саморегистрации граждане уже могут воспользоваться метро или автобусом, просто отсканировав свои лица. В Китае большинство пользователей относятся к технологии положительно. По данным аналитиков, в 2018 году 85 % китайцев одобряли систему оплаты, которая использует биометрические данные, такие как отпечатки пальцев или сканирование лица [7].

QR-код в г. Нур-Султан (Казахстан) и в г. Борисово (Россия). В г. Нур-Султан (Казахстан) для оплаты проезда необходимо отсканировать QR-код через приложение «ALTEL». QR-код размещен на наклейках в салонах автобусов. В ответ на оплату поступит электронный билет за проезд в приложении, который в случае необходимости требуется предъявить контролеру. Сервис доступен на всех маршрутах «City Transportation Systems», включая пригородные и экспресс маршруты [4].

Считыватель бесконтактных карт в г. Санкт-Петербург (Россия) и в г. Хельсинки (Финляндия). Оплата проезда в г. Санкт-Петербург производится путем прикладывания электронных проездных билетов, банковских карт к стационарному оборудованию в автобусах. Также существует возможность оплатить за группу лиц до 5 человек и багаж, произвести активацию отложенного пополнения единого электронного билета. С порядком обращения и использования проездных билетов пассажир может ознакомиться в Распоряжении Комитета по транспорту Правительства Санкт-Петербурга от 27.06.2007 № 31-р «О видах проездных билетов и порядке их обращения» [3].



По показателям на 2021 год в автобусах СПб ГУП «Пассажир-автотранс» 91 % пассажиров оплачивает проезд бесконтактно и только 9 % пассажиров оплачивает проезд наличными денежными средствами.

### **Литература**

1. Закон РФ от 07.02.1992 N 2300-1 (ред. от 11.06.2021) «О защите прав потребителей».
2. Автоматизированные системы оплаты проезда на городском пассажирском транспорте: [монография] / А. В. Рязанова; [науч. ред. П. П. Володькин]. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2018. – 92 с.
3. Порядок обращения и использования проездных билетов определен Распоряжением Комитета по транспорту Правительства Санкт-Петербурга от 27.06.2007 № 31-р «О видах проездных билетов и порядке их обращения».
4. Баданов А. «QR coder» / Интерактивности – WEB сервисы для образования. URL: <https://sites.google.com/site/badanovweb2/home/qr-coder> (дата обращения: 15.10.2021).
5. Компостеры. URL: [https://elsy.ru/services/elektronnyye\\_kompostery/](https://elsy.ru/services/elektronnyye_kompostery/) (дата обращения: 04.10.2021).
6. Правила оплаты через SMS. URL: <https://smsbus.kz/ru/rules/index.jsp> (дата обращения: 15.10.2021).
7. *Капитонова Т. А.* Нейросетевое моделирование в распознавании образов. Философско-методические аспекты / Т. А. Капитонова. – Москва: Огни, 2009. – 543 с.

**УДК 656.614.32**

*Андрей Владимирович Неделько,*  
магистр

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: andr3y.orloff@yandex.ru*

*Andrei Vladimirovich Nedelko,*  
Master's degree

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: andr3y.orloff@yandex.ru*

## **РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ**

### **DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR THE EFFECTIVE USE OF THE NORTHERN SEA ROUTE**

Статья посвящена анализу Северного морского пути. В статье рассмотрена транспортно-логистическая система Северного морского пути. Проведен стратегический анализ деятельности СМП. В ходе исследования рассматривались текущий период и долгосрочная перспектива развития СМП. Выявлены положительные и отрицательные аспекты СМП по сравнению с перевозкой грузов из Европы в Юго-Восточную Азию и обратно через Суэцкий канал. Вскрыты и проанализированы проблемы логистической цепочки Северного морского пути, приведены предложения по направлениям их решения. Отмечены актуальность и необходимость ледокольного строения при развитии Северного морского пути. Предложена идея развития грузовых перевозок по СМП с использованием безэкипажных судов.

*Ключевые слова:* Северный морской путь, анализ, сравнение, транспортно-логистическая система, атомные ледоколы, круглогодичная навигация.

The article is devoted to the analysis of the Northern Sea Route. The article considers the transport and logistics system of the Northern Sea Route. A strategic analysis of the activities of the SMP was carried out. The study considered the current period and the long-term perspective of the development of the NSR. The positive and negative aspects of the NSR were revealed in comparison with the transportation of goods from Europe to Southeast Asia and back through the Suez Canal. The problems of the logistics chain of the Northern Sea Route are revealed and analyzed, and suggestions are given on the directions of their solution. The urgency and need of the ice-breaking structure in the development of the Northern Sea Route is noted. The idea of developing cargo transportation along the NSR using unmanned vessels is proposed.

*Keywords:* The Northern Sea Route, analysis, comparison, transport and logistics system, nuclear icebreakers, year-round navigation.

Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) – уникальный регион, занимающий 30 % территории страны и включающий в себя континентальную зону и акваторию северных морей. Таким образом, социально-экономическое развитие регионов российской Арктики связано с целями государственного значения по укреплению Российской Федерации в Арктике. Поэтому перед Российской Федерацией поставлена глобальная задача превращения Северного морского пути (СМП) в постоянно действующую круглогодичную транспортную магистраль, связывающую кратчайшим путем Атлантический и Тихий океан [1].

Северный морской путь проходит через пять морей Северного Ледовитого океана и имеет общую протяженность около 6437 км. Воротами СМП являются порты: Мурманск и Провидение. Значительная часть арктических морских перевозок осуществляется только в юго-западной части Карского моря благодаря наличию круглогодичной навигации.

Из-за данных изменений происходит расширение сети судоходных маршрутов и площади акватории, на которой используется режим круглогодичной навигации. Изменения связаны с освоением и вывозом углеводородов из портов Обской губы.

Северный морской путь – это сложная развивающиеся транспортная система. Рассмотрев СМП, нельзя не упомянуть о том, что с 2010 г. исследования показывают значительное повышение интенсивности судоходства и повышение процента крупнотоннажных судов. Благодаря изменениям, проходящим на маршруте, осуществляется увеличение площади судоходной акватории, на которую распространяется круглогодичная навигация. Изменения связаны с повышением добычей и перевозкой углеводородов из портов Обской губы.

Исходя из этого, указом Президента РФ № 204 от 76 мая 2018 г. определены значения развития СМП на период до 2024 г., в том числе установлено, что к 2024 г. объем морских грузоперевозок должен достичь 80 млн. т. Достижение такого показателя потребует проведения широкомасштабных работ по строительству ледокольного

и транспортного флота, расширения грузовой базы, а также реализации комплексного плана модернизации инфраструктуры арктической транспортной системы, в том числе относящейся к Восточному сектору акватории СМП [2].

Северный морской путь разблокировали для международного прохождения судов только в 1991 году так как акватории северных морей применялись только для внутренних потребностей в период существования СССР. СМП является кратчайшим путем из Европы в Азиатско-Тихоокеанский регион, но далеко не единственным, именно поэтому максимальная отдача от его использования зависит от способности конкурировать с альтернативными маршрутами [3]. Главным конкурентом СМП является морской путь через Суэцкий канал. В табл. 1 представлены основные преимущества и недостатки СМП относительно его конкурента.

Таблица 1

**Конкурентные преимущества и недостатки СМП  
относительно морского пути через Суэцкий канал**

| Характеристика                         | Суэцкий канал            | Северный морской путь                               |
|--|--------------------------|---|
| Расстояние (Роттердам – Шанхай), км    | 20 000                   | 14 000  |
| Примерное время прохода маршрута, сут. | 32 дня (скорость 15 уз.) | 18 дня (скорость 15 уз.)<br>32 дня (скорость 9 уз.) |
| Планирование сроков поставок           | Высокие                  | Низкие  |
| Сопутствующие риски                    | Политические аспекты     | Ледовая обстановка                                  |
| Расход топлива                         | Высокий                  | Низкий  |
| Сборы за прохождение                   | Есть                     | Есть  |

Анализ и оценка деятельности СМП представлены в табл. 2, благодаря которой можно рассмотреть разные аспекты функционирования данного международного транспортного коридора.

Таблица 2

**Анализ деятельности СМП**

| Сильные стороны СМП  | Слабые стороны СМП  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● отсутствие пиратства;</li> <li>● уменьшение времени длительности рейса (уменьшение стоимости фрахта судна с командой);</li> <li>● снижается расход топлива;</li> <li>● отсутствие очередей</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● устаревание ледокольного и транспортно-ледового флота и срыв графика строительства новых судов ледового класса;</li> <li>● отсутствие нормативной базы для развития Арктического региона, комплексных программ модернизации СМП;</li> <li>● неразвитость портовой инфраструктуры;</li> <li>● отсутствие возможности круглогодичного прохождения судов</li> </ul> |
| Возможности развития СМП   | Препятствия развитию СМП  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● рост внутреннего и международного грузового потока по СМП;</li> <li>● развитие судостроения: строительство судов высшего ледового класса и танкеров для транспортировки углеводородов;</li> <li>● расширение услуг в области сервиса, открытие новых портов для разгрузки российских и международных судов</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● экологические риски;</li> <li>● милитаризация Арктики, рост потенциала конфликтности в регионе;</li> <li>● неконтролируемое проследование коммерческого флота по СМП из-за роста мировых потребностей в углеводородах;</li> <li>● сниженный интерес к маршруту со стороны крупных международных грузоотправителей</li> </ul>                                     |

Исходя из проведенного анализа Северный морской путь уменьшает доставки груза до Китая, что введет к значительному снижению расхода топлива и времени доставки, а также положительно понижает выбросы выхлопных газов. Но расчет схем доставки грузов из Европейской части света в Азиатскую и обратно показывает, что наряду с преимуществами использования СМП существуют и недостатки. Схемы указывают, что осадка и ширина являются главными ограничениями Северного морского пути.

Осадка не более 12,5 м из-за мелкой воды на маршруте между арктическими островами российских территориальных вод. Наиболее проблемными здесь являются пролив Санникова и район вокруг Медвежьих островов [4]. Ширина ледоколов входящих в состав ледокольного флота РФ ограничивается 30 м, что является шириной канала, создаваемого в тяжелых ледовых условиях.

Но также отметим, что габаритные ограничения при прохождении судов есть и у маршрута, проходящего через Суэцкий канал. Фарватер Суэцкого канала имеет ограничения по глубине в 20 м и ширине в 180 м. Из-за этого судам с большим дедвейтом приходится проходить вокруг Африки преодолевая мыс Доброй Надежды. Это влечет за собой увеличивающиеся риски нападения пиратов, из-за которых возрастает цена страховки.

Реализация проектов Северного морского пути будет происходить с учетом политических, экономических и экологических ограничений, которые определены требованиями Полярного кодекса и резолюциями Международной морской организации [2].

С другой стороны, прохождение судов во всей акватории Северного морского пути исключая проблемы круглогодичной навигации и ширины проводимых судов можно решить следующим образом. Для решения данных проблем поможет создание мощных ледоколов с малой осадкой. Такие ледоколы позволят обеспечить выполнение морских операций на мелководных участках арктического шельфа. На данный момент в России осуществляется модернизация ледокольного флота:

- Уже введен в эксплуатацию головной ледокол проекта 22 220 который способен осуществлять проводку судов как на глубоководных трассах СМП, так и на мелководных участках.

- Идет строительство атомного ледокола проекта 10 510. Данный ледокол предназначен для круглогодичной проводки крупнотоннажных транспортных судов (дедвейтом более 100 000 т и шириной более 50 м) на всем протяжении Северного морского пути во льдах толщиной до 2 м [5].

По данным, предоставленным компанией «Росатомфлот» в настоящий момент российские компании нуждаются в ледоколах для сопровождения грузовых судов. К 2023 г. проводку судов по СМП должны осуществлять 6 атомных ледокола, а к 2026 г. уже 7.

В Российской Федерации на момент 2021 г. в эксплуатации находится около 40 ледоколов, в том числе 5 атомных. Многие из них подлежат плановой утилизации в 2023 г. и завершится в 2035 г. Взамен советских ледоколов придут 5 кораблей проекта 22 220 с более мощными ядерными установками. Однако настоящим прорывом, как надеются в «Росатомфлоте», должен стать проект 10 510 «Лидер» [4].

Также, в данный момент реализуется проект по введению в эксплуатацию танкеров ледового класса водоизмещением от 100 до 180 тыс. м<sup>3</sup> [4]. По программе для компании «Ямал СПГ» должны построить 15 танкеров которые смогут двигаться во льдах толщиной до двух метров.

В дальнейшем при развитии ледокольного флота и удовлетворения им всех потребностей при перевозке грузов по Северному морскому пути возможен запуск безэкипажных судов для доставки грузов. Автономные суда – это морские суда, состоящие из датчиков, автоматизированной навигации и вспомогательных систем, которые могут принимать решения для соблюдения заложенным оператором планам и работы без участия человека-оператора.

Безэкипажные грузовые суда могут использоваться в караванной проводке судов ледоколом. На будущих безэкипажных судах будет использоваться интегрированные автономные системы управления, которые могут управляться и контролироваться оператором берегового центра управления через спутниковые или радиочастотные системы. Но так как в полярных областях выше 70–75° с. ш. не работает ни один оператор спутниковой связи. Для контроля придется использовать радиочастотные системы, а центры управления можно разместить на ледоколах, которые организуют проведение грузовых судов через Северный морской путь.

Использование безэкипажных судов в коммерческой перевозке грузов – это реальность завтрашнего дня. Суда должны быть оснащены системами: навигации, мониторинга и управления двигателем, предупреждения столкновения. Данные системы уже созданы, а их развитием занимаются многие ведущие мировые компании в судостроении.

По результатам исследования можно заключить следующие: Северный морской путь в будущем станет более эффективным путем

доставки грузов между Европой и Азией. Развитие СМП будет зависеть от инноваций в создаваемой инфраструктуре и в предлагаемых услуг самого Северного морского пути, так и от развития всей судоходной отрасли. Отсутствие рисков пиратства или кражи груза повышает конкурентоспособность СМП, а цена страховки одинакова как для судов ледового класса, так и стандартного класса.

Таким образом, задача повышение объема грузооборота до 80 млн т. осуществима к 2024 г. благодаря повышению интенсивности судоходства, переоборудования существующих и возведения новых морских терминалов.

Решение проблемы круглогодичной навигации в Восточной акватории СМП позволит уменьшить протяженность логистической цепочки Европа – Азия. Проблема решается созданием мощных и мелкосидящих атомных ледоколов и судов способных преодолевать ледяные поля толщиной до 2 м. Введение круглогодичной навигации позволит получить выгоду в расходах на производство, склада и логистики для грузоотправителей и грузополучателей.

### Литература

1. *Смирнов А. А.* Перспективы развития Северного морского пути (к 55-летию атомного ледокольного флота России) / А. А. Смирнов, С. А. Головинский // Арктика : экология и экономика. – 2014. – № 4 (16). – С. 108–114.
2. *Тезиков А. Л.* Исследование факторов, влияющих на продолжительность навигации в акватории Северного морского пути / А. Л. Тезиков, Е. О. Ольховик // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2020. – Т. 12. – № 4. – С. 734–744.
3. Статья «Северный морской путь (СМП): физико-географическое положение, история развития, экономическое значение». URL: <https://promdevelop.ru/severnijmorskoj-put-smp/#znachenije>
4. *Зеленков М. Ю.* Транспортно-логистическая система Северного морского пути: перспективы, проблемы и пути их решения // Арктика: экология и экономика. – 2019. – № 4 (36). – С. 131–140.
5. *Руکش В. В., Белкин М. С., Смирнов А. А., Арутюнян В. Г.* Структура и динамика грузоперевозок по Северному морскому пути: история, настоящее и перспективы // Арктика: экология и экономика. – 2015. – № 4 (20). – С. 110.



**УДК 656.025.4**

*Ольга Валентиновна Попова,*

канд. техн. наук, доцент

*Константин Евгеньевич Ковалев,*

магистрант

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: o-popova@mail.ru,*

*kovalev\_kostia@mail.ru*

*Olga Valentinovna Popova,*

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

*Konstantin Evgenievich Kovalev,*

Master's degree student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: o-popova@mail.ru,*

*kovalev\_kostia@mail.ru*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В АВТОМОБИЛЬНО-ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ СООБЩЕНИИ**

### **IMPROVEMENT OF CARGO TRANSPORTATION BY ROAD AND RAILWAY**

Важным условием для стратегического роста российской экономики является развитие инфраструктуры транспорта на территории нашего государства. Развитие транспортно-логистической инфраструктуры осуществляется в соответствии с «Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 года» [1].

Основными концептуальными направлениями, по которым развивается российская экономика, являются: интеграция экономики и транспорта в глобальное экономическое пространство; создание единого экономического пространства с близлежащими государствами, с которыми есть общие границы; рост производства и на основании этого рост уровня жизни населения; развитие грузовых терминалов и складов для освоения транспортных потоков, включенных в международные транспортные коридоры, проходящие по территории РФ [2].

Контрейлерные перевозки позволяют использовать преимущества двух видов транспорта: автомобильного и железнодорожного. К преимуществам автомобильного транспорта относится высокая маневренность для перевозки груза «от двери до двери». К преимуществам железнодорожного транспорта относятся выполнение расписания, по которому движутся поезда, высокая экологичность и низкая себестоимость.

*Ключевые слова:* железнодорожный транспорт, автомобильный транспорт, контрейлерные перевозки, метод анализа иерархий.

One of the strategically important conditions for the growth of the Russian economy is the constantly developing transport and logistics infrastructure of

Russia. Currently, the development of this area is regulated by the “Transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030”. The key areas in which the development of the Russian economy is currently taking place: integration of the Russian economy and transport into the global economic space; creation and development of a single economic space on the territory of neighboring states; growth in production and living standards of the population; development of the country’s transport and terminal-warehouse infrastructure, which provides for the reconstruction of international transport corridors passing through the territory of the Russian Federation.

Piggybacking combines the advantages of road and rail transport. The flexibility and maneuverability inherent in road transport, allowing for door-to-door delivery of goods, are combined with a strict adherence to the train schedule, high environmental friendliness and low cost of railway transport services.

*Keywords:* railway transport, road transport, piggyback transportation, hierarchy analysis method.

В рамках проведенного исследования сравниваются три существующие технологии контрейлерных перевозок «CargoSpeed», «CargoBeamer» и «Flexiwaggon AB», с целью выбора наиболее эффективного способа. Основа технологии «CargoSpeed» состоит в расположенном в междупутном расстоянии углублении в котором расположен Т-образный гидравлический механизм оборудованный упором, который упирается в съемную площадку вагона. В технологии «CargoBeamer» автомобильный полуприцеп устанавливается на платформе, который устанавливается на платформу электрической тягой по специализированным направляющим. Железнодорожная платформа с прибывшим прицепом выгружается в противоположную сторону. Технология «Flexiwaggon AB» с помощью бокового механизма позволяет заехать на железнодорожную платформу тягача с прицепом [3, 4, 5].

Решение задачи выбора контрейлерной технологии осуществляется на основе метода анализа иерархии. На верхнем уровне иерархии установлена цель задачи. Далее идут критерии выбора и рассматриваемые альтернативные варианты, рассмотренные ранее.

Методом парных сравнений рассчитываются весовые коэффициенты, которые характеризуют степень зависимости вершины и связанные с ней элементы других уровней [6]. Для оценки уровня согласованности выполняется сравнение параметров иерархической

системы со средним значением индекса случайной согласованности, сгенерированного случайным образом по шкале от 1 до 9 обратной симметричной матрицы с имеющими значениями обратных величин. Критерии, по которым выполняется выбор оптимального варианта из нескольких альтернативных контроллерных систем, приведены в таблице.

**Критерии для выбора контроллерной системы**

| Категории критериев                    | Критерии   | Единицы измерения   | Диапазон значений   |
|--|--|---------------------|---------------------|
| Категория затрат                       | $K_1$ – стоимость строительства терминала  | у.е. (руб.)         | 3 500 000–4 000 000 |
|  | $K_2$ – стоимость эксплуатации терминала за год                                    | у.е. (руб.)         | 1 500 000–2 000 000 |
| Категория перерабатывающей способности | $K_3$ – количество прибывающих и отправляемых пар поездов в сутки                  | пар поездов в сутки | 4–10                |
|  | $K_4$ – количество вагонов в составе поезда  | вагонов             | 40–71               |
|  | $K_5$ – среднесуточная перерабатывающая способность терминала, контейнеров в сутки | конт/сут            | 1500–3000           |
|  | $K_6$ – среднее количество седельных тягачей на каждом терминале                   | шт.                 | 10–30               |
| Категория универсальности              | $K_7$ – среднее расстояние между терминалами в регионе                             | км                  | 500–1000            |

Окончание таблицы

| Категории критериев       | Критерии   | Единицы измерения | Диапазон значений |
|---------------------------|--|-------------------|-------------------|
| Категория универсальности | $K_8$ – вероятность выполнения осуществления параллельных грузовых операций            | да/нет            | 0–1               |
|                           | $K_9$ – вероятность реализации охраняемой и неохраняемой (не сопровождаемой перевозки) | да/нет            | 0–1               |
|                           | $K_{10}$ – возможность использования электричества трейлером от вагона                 | да/нет            | 0–1               |

Ниже приводится описание связей, предлагаемой декомпозиции на основе иерархии, процедуры выбора контрейлерной системы, представленной на рис. 1.

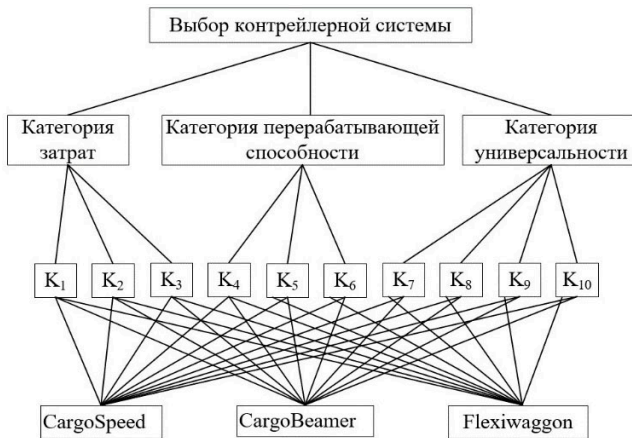


Рис. 1. Иерархия процедуры выбора контрейлерной технологии

По исходным данным построим категорированную диаграмму рассеяния с перекрытием размещения по параметрам стоимости строительства терминала, количества вагонов в прибываемом поезде и перерабатывающей способности терминала.

Составлены лифтовые карты для оценки правильной классификации наблюдений по каждой из контрейлерных систем (рис. 2).

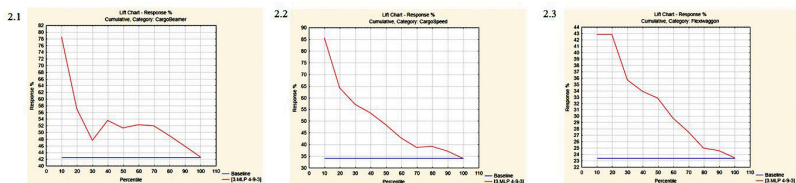


Рис. 2. Лифтовая карта для систем CargoBeamer (2.1), CargoSpeed (2.2), Flexiwaggon (2.3)

При 30 наблюдениях 48 % наблюдений принадлежит классу CargoBeamer. Процент правильной классификации наблюдений, 20 отсортированных наблюдений в ней 43 % наблюдений принадлежит виду контейнерной системы Flexiwaggon. Наиболее полая система выборки в системе Flexiwaggon.

На рис. 3 приведена категорированная диаграмма рассеяния по разным доверительным уровням в контексте трех переменных: количества обрабатываемых вагонов на терминале, перерабатывающей способности терминала и количества седельных тягачей на терминале.

Предложен метод выбора контрейлерной перевозки, учитывающий различные количественные и качественные показатели. А также установлен оптимальный размер партии контрейлерной перевозки при учете параметров количества седельных тягачей на терминале перерабатывающей способности терминала и количества вагонов в составе поезда. Допустимый размер партии составляет около 35 контрейлеров. Такой размер партии может быть наиболее эффективно переработан терминалом и седельными тягачами, но не совсем удобен для железнодорожного транспорта, так как средняя длина поезда составляет 65–70 вагонов. Соответственно, необходима разработка железнодорожных маршрутов из двухгруппных поездов, в которых одна группа будет составлять контрейлерную перевозку.



**УДК 656.073.7**

*Андрей Викторович Строчик,*  
магистр

*Ольга Валентиновна Попова,*  
канд. тех. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: strochik@bk.ru,*  
*o-popova@mail.ru*

*Andrei Victorovich Strochik,*  
Master's degree

*Olga Valentinovna Popova,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: strochik@bk.ru,*  
*o-popova@mail.ru*

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ РОЛЬ В ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В КРУПНЫХ КОМПАНИЯХ**

### **INFORMATION SYSTEMS AND ITS ROLE IN INFORMATION CIRCULATION WITHIN LARGE COMPANIES**

Рациональное функционирование транспортно-экспедиционного обслуживания в рамках крупных компаний является одним из ключевых показателей успешного функционирования логистических процессов. Интеграция различных систем призвана упростить работу с биржами фрахта, облегчить взаимодействие грузовладельцев, заказчиков-принципалов, экспедиторов и перевозчиков.

В рамках данной статьи приводятся основные проблемы функционирования биржи автомобильного фрахта, описывается биржа автомобильного фрахта тендерного типа Loginet, рассматривается ее функционал, а также предлагаются пути оптимизации работы транспортной логистики через интеграцию дополнительной надстройки для данной биржи.

*Ключевые слова:* транспортно-экспедиционное обслуживание, биржа, фрахт, оптимизация затрат, Loginet, AX4, интеграция.

Rational usage of freight forwarding services in large companies is one of the Key Performance Indicators of successful and correct functioning of general logistic procedures within it. Integration of various information systems is designed to simplify the work of logistics departments with transport exchange market, as well as to simplify communication and interaction of cargo owners, customers-principals, forwarders and carriers.

This article draws attention to the existing problems within functioning of these markets, while taking a general look at Loginet.com, which is one such market.

While reviewing its functions, general suggestions on improving and optimizing it functions and optimizing the work of transport logistics through the integration of an additional add-on for this exchange are proposed.

*Keywords:* freight forwarding services, transport exchange, freight, cost optimization, Loginet, AX4, integration.

Транспортно-экспедиционное обслуживание (ТЭО) – деятельность в области перевозок, охватывающая весь комплекс операций и услуг по доставке товара от производителя продукции к потребителю [1].

Грамотно выстроенное ТЭО выступает одним из ключевых показателей эффективного функционирования логистики в компаниях любого размера и оборота. Наиболее крупные компании придают функционированию транспортной логистики особое значение, поскольку от грамотного распределения времени и грузопотоков зависят сроки выполнения различных проектов, их сервисного и иного обслуживания, и, как следствие, финансовые показатели крупных компаний.

Основой действия ТЭО является договор между агентом и контрагентом, которыми выступают принципал-наниматель и экспедитор, выступающий в данном случае как посредник, так и владелец подвижного состава. В договоре указываются сроки его действия, такие правила его использования, как стоимость и условия перевозок, ответственность за соблюдение сроков и условий перевозки. В соответствии с Гражданским кодексом Российской Федерации (часть вторая) от 26.01.1996 № 14-ФЗ (ред. от 01.07.2021, с изм. от 08.07.2021), ГК РФ Статьей 801 устанавливается, что договором транспортной экспедиции могут быть предусмотрены обязанности экспедитора организовать перевозку груза транспортом и по маршруту, избранными экспедитором или клиентом, обязанность экспедитора заключить от имени клиента или от своего имени договор (договоры) перевозки груза, обеспечить отправку и получение груза, а также другие обязанности, связанные с перевозкой [2].

Для осуществления данного спектра услуг все стороны, включая владельца подвижного состава, если экспедитор не является таковым, при любом виде и типе перевозок используют специализированные интеллектуальные транспортные системы (ИТС) в виде биржи фрахта, трекинг-сервиса, электронного документооборота



(ЭДО) и системы, позволяющей формировать заявки по перевозке и направлять их на экспедитора. Последняя система зачастую является дополнительной функцией биржи фрахта и выступает как регулирующий центр, в котором, в соответствии с установленным договором и контактными обязательствами имеется приблизительный перечень грузов, калькулятор объемов груза, перечень экспедиторов (в том случае, если биржа используется со стороны принципала в отношении перевозчиков) и т. д.

Loginet является одной из таких бирж, которые используются международными компаниями, работающими на российском рынке и имеющими представительства в виде филиалов, собственные производства и налаженный импортный и экспортный поток грузов в и из РФ. Данная система имеет в своем использовании весь приведенный ранее перечень функций, позволяющих регулировать взаимодействия с экспедиторами в соответствии с установленными условиями заключенных договоров, интегрированных как условия в систему. В дополнение, как и многие другие биржи, Loginet имеет дополнительную функцию трекинга, путем взаимодействия с передающими устройствами, установленными на транспорт [3].

Однако, у любой биржи подобного типа существует ряд проблем, таких как:

- временные затраты в плане формирования заявок;
- обособленность формирования этих заявок от склада – их формирует сам логист, указывая переданные ему данные, что, в свою очередь, увеличивает время действительной обработки заказа, поскольку нет возможности моментального указания актуальных данных по габаритам и весам груза, что увеличивает вероятность ошибки в данных и потенциальный срыв перевозки ввиду ошибки в данных со стороны складской логистики;
- обособленность от ЭДО со стороны принципала, в частности, отсутствие уведомлений;
- ограниченный функционал в плане трекинга, требующий использования дополнительных утилит, что в свою очередь так же требует излишние объемы времени и зачастую решается прямым обращением к экспедитору/перевозчику с вопросом о текущем статусе перевозки.

Для решения части данных проблем в недавнее время появилась возможность дополнительной интеграции утилит, уменьшающих время реальной обработки заявок, поскольку они включают в себя полный цикл единой обработки, начиная от прибытия товара на склад, его распределения, внесения информации от складской логистики и отдела закупок касательно его весов, габаритов и пункта назначения до непосредственного направления данной информации логисту, ответственному за данную транспортировку.

Однако, наиважнейшей проблемой является момент возникновения потребности и формирования заявки на перевозку. Процесс общего сбора информации при обычных условиях происходит достаточно долго, чтобы потребность в перевозке из категории несрочной перешла в срочную. Если обобщить распределение информации по отделам, то, при обычном процессе отправки сбор информации происходит линейным образом, состоящим из 6 и более элементов, как представлено на рис. 1.

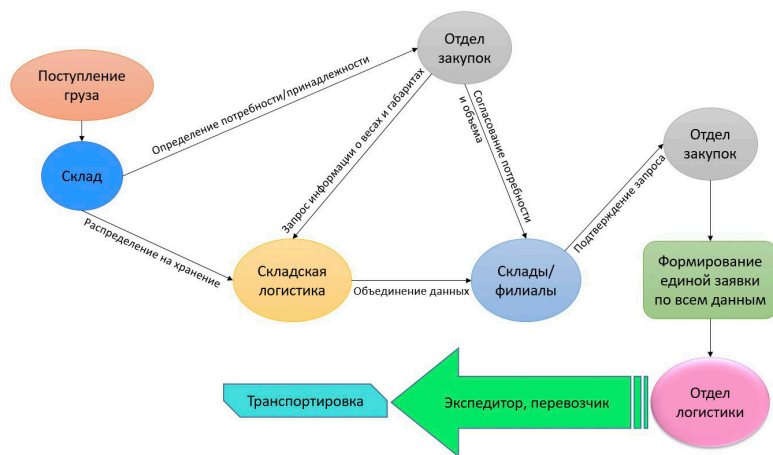


Рис. 1. Нелинейный сбор информации о грузе для его перенаправления после первичного поступления на склад

Основной проблемой в крупных компаниях является распределение информации происходящее не структурированно, ее обобщение

и курсирование по отделам до непосредственного ее исполнения в большинстве случаев ведут к задержкам по срокам предмета, для которого/для обслуживания которого требуется перевозка. Таким образом, интеграция дополнительных утилит позволяет напрямую уменьшить сроки складских и подготовительных операций.

Интеграция упомянутых ранее утилит позволяет минимизировать затраты времени на сбор информации, позволяет упрощенно консолидировать заявки на отгрузки благодаря подключенной единой базе данных складской логистики и закупок о весах, габаритах и локациях.

При интеграции описанных систем структура становится параллельно-последовательной и все заинтересованные стороны имеют возможность получить и внести полную информацию и направить заявку логисту, которому остается в данном случае озаботиться исключительно подбором подходящего по запросу и наиболее выгодного по тендерным ставкам транспорта, не отвлекаясь на дополнительное внесение или проверку информации со стороны складской логистики, филиалов и закупок. Оптимизированная система в таком случае будет линейной, но сокращенной до 4–5 элементов, по аналогии с представленной на рис. 2.

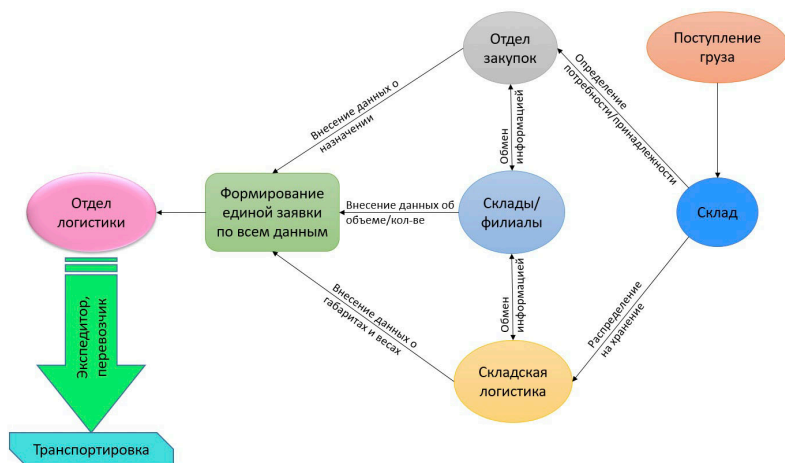


Рис. 2. Линейный сбор информации о грузе для его перенаправления после первичного поступления на склад

Утилитой подобного вида является АХ4, используемая как дополнительная надстройка к бирже фрахта, в данном случае – к Loginet. Помимо описанного выше функционала, данная утилита позволяет упростить поставленную для логиста задачу путем поиска актуальных предложений на бирже не только через экспедиторов, но и напрямую через имеющиеся предложения от перевозчиков. Разумеется, при таких условиях появляется дополнительная необходимость заключения договора перевозки, передачи груза и т. д., однако в случае работы исключительно через экспедиторов, такая функция как тендер становится наиболее актуальной, поскольку имеющиеся ставки по перевозке уже есть в системе биржи, заявка так же содержит полную информацию и путем проведения тендера находится перевозчик, либо являющийся т. н. номинированным экспедитором, либо экспедитором, способным закрыть перевозку в установленные сроки и по оптимальной заранее согласованной стоимости.

Дальнейшей задачей логиста благодаря этой системе становится согласование отгрузки и получения груза с грузоотправителем и грузополучателем, доведение информации до заинтересованных лиц с обеих сторон, получение и перенаправление отгрузочных документов в виде транспортной накладной, доверенности и дополнительных сопроводительных документов, например инвойса упаковочного листа, товарно-транспортной накладной ЦМР и т. д. (в том числе из черновое и/или чистовое заполнение) и отслеживание хода перевозки. В зависимости от потребностей организации, а также ее размера и выбранной стратегии работы с рынком автомобильного фрахта, Loginet является оптимальным примером биржи, поскольку он является биржей тендерного типа, то есть позволяет распределять исходящие от организации заявки только на экспедиторов, с которыми заключены договора, игнорируя при этом открытые базы данных и прямой фрахт.

Главным недостатком утилит подобного типа является исключение из общего цикла, как и при всех прочих равных условиях, таможенных агентов, поскольку с данными организациями в любом случае подразумевается прямое общение и прямая передача данных. Однако, в случае локальных перевозок внутри страны или, например, между филиалами так же в рамках одного государства,

использование дополнительных утилит для биржи фрахта становится более чем оправданным.

Заключительным элементом любой перевозки и взаимодействия с экспедитором/перевозчиком является работа с ЭДО. Через промежуток времени, так же указанный в заключаемом договоре и по получению осуществлявшим перевозку экспедитором транспортной накладной, по ЭДО направляется счет, УПД – универсальный передаточный документ – и счет-фактура, а также цифровая копия ТН по требованию принципала. На обработку, включающую в себя оплату данных документов, в случае их своевременного предоставления, у принципала имеется время, отсчитываемое со дня выставления электронного счета и так же прописанное в договоре, но обычно не более 91 дня; во всех же иных случаях, стороны имеют право предъявлять друг другу претензии, в том числе и в судебном порядке. В случае работы с ЭДО, такие утилиты как АХ4, имеющие обратную интеграцию так же с такими программами, как SAP и 1С, в дополнение могут быть настроены как программные уведомления о получении закрывающих электронных документов что, следовательно, позволит частично сократить время на их обработку ввиду возможности своевременной обработки без ведения дополнительного отслеживания.

Главным нюансом данных программ, бирж и утилит является тот факт, что далеко не каждая организация может себе позволить весомые траты на их подключение и настройку, а также на штат IT-специалистов, обеспечивающих правильное функционирование и дополнительную настройку. Однако, при всем этом, выигрыш в плане затрат времени и оптимизации поиска транспорта при соблюдении указываемых временных промежутков и тендерных ставок, в том числе их глубинная интеграция в системы организации и рынка являются достаточно весомым аргументом для использования программ подобного рода в рамках крупных промышленных, фармацевтических, ресурсодобывающих и иных организаций.

### **Литература**

1. *Попова О. В.* Основы транспортно-экспедиционного обслуживания: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. 4-е изд., перераб./ О. В. Попова [и др.]. – Москва: Издательский центр «Академия», 2011. с. 5–7.

2. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 26.01.1996 № 14-ФЗ (ред. от 01.07.2021, с изм. от 08.07.2021), ГК РФ Статьей 801.

3. Руководство, Биржа автомобильного фрахта Loginet.com, [Электронный ресурс], [Электронный ресурс] // Официальный сайт Loginet, URL: Режим доступа: <https://loginet.ru/decision/> (дата обращения: 15.10.2021).

## Содержание

### СЕКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ, МОСТОВ И ТОННЕЛЕЙ

|   |    |
|---|----|
| <i>Алимова Н. Ю., Козлов С. Ю., Авдеев В. Н.</i><br>Интеграция САПР и ГИС-моделей при проектировании<br>автомобильных дорог . . . . .   | 3  |
| <i>Андреев Д. М., Большаков И. С.</i><br>Предложения по строительству эстакадных конструкций<br>и транспортно-пересадочных узлов высокоскоростной<br>магистральной от Гатчины до Санкт-Петербурга . . . . . | 9  |
| <i>Дмитриева Е. В.</i><br>Экологическая безопасность автомобильных дорог . . . . .  | 23 |
| <i>Квитко А. В., Горностаев И.</i><br>Анализ эксплуатационных свойств автомобильных дорог<br>с цементобетонным и асфальтобетонным покрытиями . . . . .  | 27 |

### СЕКЦИЯ ДОРОЖНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

|  |    |
|--|----|
| <i>Абрамов Р. А., Алексеева С. Г., Бровкин С. В., Ермилов В. В.</i><br>Проблемы надежности заглаживающих машин . . . . .   | 32 |
| <i>Бархатов Н. А., Китаева М. Э., Косых Е. В., Лучков Д. М.</i><br>Надежность, безопасность и эффективность сложных систем<br>дорожно-транспортного комплекса . . . . .      | 36 |
| <i>Башарин И. А., Лазарев Е. М., Марков С. Н., Присяжнюк М. С.</i><br>Повышение безопасности башенного крана . . . . .   | 43 |
| <i>Белюсова Я. А., Буканов И. С., Зыбин А. Ю., Сукчев И. В.</i><br>Эксплуатационные факторы и их влияние на техническое<br>состояние машин для содержания дорог . . . . .    | 49 |
| <i>Блоцкая В. В., Воробьева М. М., Журавлев С. А., Изюмов А. И.</i><br>Анализ процессов, происходящих при виброрезке<br>арматурных стержней . . . . .                        | 54 |
| <i>Гаращук А. Н., Меркурьев В. М., Смирнов А. А., Шкуратов А. Ю.</i><br>Современная автоматическая система управления работой машин<br>для уплотнения поверхностей . . . . . | 61 |
| <i>Ишукова М. А., Кукина Е. А., Лисицкая Э. В., Петров М. А.</i><br>Параметры валкового заглаживающего устройства с поперечным<br>перемещением вала . . . . .                | 68 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Людкевич О. В., Серебрякова О. В., Аносов А. А., Бабаян В. С.</i><br>Жизненный цикл машин с учетом множества методов<br>принятия решения. . . . .   | 72  |
| <i>Павлова-Серебрякова М. В., Евтюков Р. В.,<br/>Младшев Б. Е., Андреев А. П.</i><br>Безопасность использования автовышек Skylift . . . . .  | 78  |
| <i>Паленых К. Д., Попков О. А., Туфанов П. В., Утко А. А.</i><br>Конусная дробилка с двумя ступенями дробления . . . . .   | 82  |
| <i>Петров Д. А., Рассказов Н. В., Сухов А. А., Корзинин И. А.</i><br>Совершенствование систем технического обслуживания<br>строительных машин путем развития сети информационных центров . . . . | 86  |
| <i>Платонова И. А., Щипакин А. В., Турсунов Р. Н., Короткевич М. С.</i><br>Структурный метод оценки системы качества<br>строительно-дорожных машин . . . . .                                     | 90  |
| <i>Ризных А. А., Овезов Э., Платонов С. Б., Гончаров А. Б.</i><br>Модернизация ножевой системы отвала бульдозера . . . . .   | 94  |
| <i>Шахвердов К. А., Григорьев А. А., Ильин В. В., Комзалов Д. В.</i><br>Особенности несущих конструкций наземных транспортных средств . . .  | 101 |

**СЕКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

|  |     |
|--|-----|
| <i>Власов Е. В.</i><br>Классификация производственных отходов<br>при эксплуатации электромобилей . . . . .   | 106 |
| <i>Матвиюк В. В.</i><br>Анализ перспектив перехода на электротранспорт в России<br>с экологической точки зрения . . . . .  | 110 |
| <i>Пенкин А. Л., Метлякова С. А.</i><br>Повышение однородности газовой смеси<br>при внешнем смесеобразовании в двигателе внутреннего сгорания. . . . .             | 115 |
| <i>Рассказов С. Д.</i><br>Корректировка нормативов для проведения технического<br>обслуживания и ремонта . . . . .   | 121 |
| <i>Руппель Е. А., Пенкин А. Л.</i><br>Аспекты повышения энергоэффективности автомобильного<br>транспорта за счет применения альтернативных видов топлива . . . . . | 124 |



|   |     |
|---|-----|
| <i>Трофимов Е. С., Назаркин В. Г.</i><br>Методы совершенствования конструкции автомобильных колес<br>для повышения безопасности их эксплуатации. . . . .      | 132 |
| <i>Шумков Е. В., Назаркин В. Г.</i><br>Анализ технологий зарядки электробусов. . . . .  | 136 |
| <i>Яшков В. А.</i><br>Особенности концептуального проектирования<br>автотранспортного предприятия, предназначенного<br>для эксплуатации электробусов. . . . . | 140 |

### **СЕКЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ**

|   |     |
|---|-----|
| <i>Глазырина Д. М.</i><br>Организация движения городского пассажирского транспорта . . . . .  | 153 |
| <i>Жарикова Е. В.</i><br>Показатели качества автобусных перевозок . . . . .   | 161 |
| <i>Клуг В. Е.</i><br>Применение микромоделирования транспортных потоков<br>при обучении основам разработки алгоритмов управления<br>светофорными объектами . . . . .                            | 168 |
| <i>Куринова А. А.</i><br>Повышение эффективности функционирования транспортных<br>систем субъектов РФ с применением математического<br>моделирования . . . . .                                  | 175 |
| <i>Михайленко С. Г.</i><br>Обзор зарубежного и отечественного опыта внедрения систем<br>электронного контроля оплаты проезда в наземном пассажирском<br>транспорте общего пользования . . . . . | 182 |
| <i>Неделько А. В.</i><br>Разработка рекомендаций по эффективному использованию<br>Северного морского пути. . . . .  | 189 |
| <i>Попова О. В., Ковалев К. Е.</i><br>Совершенствование перевозок грузов в автомобильно-<br>железнодорожном сообщении. . . . .  | 196 |
| <i>Строчик А. В., Попова О. В.</i><br>Информационные системы и их роль в оптимизации передачи<br>информации в крупных компаниях. . . . .  | 202 |

Научное издание

**МАГИСТРАТУРА – АВТОТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ**

Материалы VI Всероссийской межвузовской конференции  
«Магистерские слушания»

21–22 октября 2021 года

*Компьютерная верстка О. Н. Комиссаровой*

Подписано к печати 16.02.2022. Формат 60×84  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 12,44. Тираж 300 экз. Заказ 44. «С» 12.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.  
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.

**ДЛЯ ЗАПИСЕЙ**