

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕТЕВОЙ  
ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ**



**СИБАДИ®**



**№3 (31) 2022**

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
СТРОИТЕЛЬСТВА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет  
(СибАДИ)»

# **ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Журнал учрежден ФГБОУ ВО «СибАДИ» в 2014 г.  
Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)

Эл. № ФС77- 70353 от 13 июля 2017 г.

Периодичность 4 номера в год.

Предназначен для информирования научной общественности  
о новых научных результатах, инновационных разработках  
профессорско-преподавательского состава, докторантов,  
аспирантов и студентов, а также ученых других вузов.

Выпуск 3 (31)

ноябрь 2022 г.

Дата опубликования: 28.11.2022.

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2022

## ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»  
Техника и технологии строительства

<http://ttc.sibadi.org/>

Научно-практический сетевой электронный журнал. Издаётся с 2015 г., Выходит 4 раз в год № 3 (31) дата выхода в свет 28.11.2022

*Главный редактор Жигадло А.П.*, д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц., ректор ФГБОУ ВО «СибАДИ».  
*Зам. главного редактора Корчагин П.А.*, д-р техн. наук, проф., проректор по научной работе ФГБОУ ВО «СибАДИ».

*Editor-in-Chief – Zhigadlo A.P.*, doctor of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, associate professor, rector, of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.

*Deputy editor-in-chief – Korchagin P.A.*, doctor of technical sciences, professor, pro-rector for scientific research of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.

### **Редакционная коллегия:**

**Глотов Б.Н.**, д-р техн. наук, профессор Карагандинского государственного технического университета, Республика Казахстан, г. Караганда.

**Ефименко В.Н.**, доктор технических наук, декан факультета «Дорожное строительство», зав. кафедрой «Автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск.

**Жусупбеков А.Ж.**, Вице – Президент ISSMGE по Азии, Президент Казахстанской геотехнической ассоциации, почетный строитель Республики Казахстан, директор геотехнического института, заведующий кафедрой «Строительства» ЕНУ им Л.Н. Гумилева, член-корреспондент Национальной Инженерной Академии Республики Казахстан, д-р техн. наук, профессор, г. Астана, Казахстан.

**Исаков А.Л.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)», г. Новосибирск.

**Карпов В.В.**, д-р экон. наук, проф., Председатель ОНЦ СО РАН, г. Омск.

**Лис Виктор**, канд. техн. наук, инженер - конструктор специальных кранов фирмы Либхерр - верк Биберах ГмбХ (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittelbiberach, Германия.

**Матвеев С.А.**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск.

**Миллер А.Е.** д-р экон. наук, профессор ОмГУ им. Ф.М. Достоевского, г. Омск.

**Мочалин С.М.**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск.

**Насковец М.Т.**, канд., техн., наук, УО «Белорусский государственный технологический университет», Республика Беларусь, г. Минск.

**Псэриэнос Бэзил**, доктора инженерных наук, профессор Национального технического университета, г. Афины, Греция.

**Щербakov В.С.**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ».

### **Members of the editorial board:**

**Glotov B.N.**, doctor of technical sciences, professor, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan.

**Efimenko V. N.**, doctor of technical sciences, dean of faculty «Road construction», department chair «Highways», Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk.

**Zhusupbekov A.Z.**, Vice - President of ISSMGE in Asia, President of Kazakhstan Geotechnical Association, honorary builder of the Republic of Kazakhstan, director of the Geotechnical Institute, head of the department "Construction" of L.N. Gumilyov Eurasian National University, corresponding member of the National Academy of Engineering of the Republic of Kazakhstan, doctor of technical sciences, professor, Astana, Kazakhstan.

**Isakov A.L.**, doctor of technical sciences, professor, Siberian State University of Means of Communication (SSUMC), Novosibirsk.

**Karpov V.V.**, doctor of Economics, professor, the chairman of the Omsk scientific center of The Russian Academy of Sciences' Siberian branch.

**Lis Victor**, candidate of technical sciences, design-engineer of special cranes of Liebherr - Werk Biberach GmbH (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittelbiberach, Germany.

**Matveev S.A.**, doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.

**Miller A.E.**, doctor of economic sciences, professor ОмГУ of F.M. Dostoyevsky, Omsk.

**Mochalin S.M.**, doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.

**Naskovets M.T.**, candidate of the technical science, YO «Belarusian State Technological University», Minsk, Belarus.

**Psarianos Basil**, Dr-Ing., professor Natl Technical University, Athens, Greece.

**Shcherbakov V.S.**, doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia.

Учредитель ФГБОУ ВО «СибАДИ».

**Адрес учредителя:** 644080, г. Омск, пр. Мира, 5.

Свидетельство о регистрации ЭЛ № ФС77-70353 от 13 июля 2017 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). С 2015 года представлен в Научной Электронной Библиотеке [elibrary.ru](http://elibrary.ru) и включен в **Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)**.

**Редакционная коллегия** осуществляет экспертную оценку, рецензирование и проверку статей на плагиат.

**Редактор** Куприна Т.В.

**Адрес редакции журнала** 644080, г. Омск, пр. Мира, 5

Тел. (3812) 65-88-30. e-mail: [ttc.sibadi@yandex.ru](mailto:ttc.sibadi@yandex.ru)

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2022

## **СОДЕРЖАНИЕ**

### **РАЗДЕЛ I НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ**

**Морозов В. М., Аземша С. А.**

Установление закономерностей поведения пассажиров общественного транспорта в период пандемии COVID-19

**А. В. Сайб**

Оценка периодичности и стоимости замены салонного фильтра климатической установки автомобилей

### **РАЗДЕЛ II ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Лихоткина М. В., Романов А. П.**

Эффективное использование золошлаковых отходов в сфере строительства автомобильных дорог





## УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПОВЕДЕНИЯ ПассаЖИРОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19

**В. М. Морозов, С. А. Аземша**

*Белорусский государственный университет транспорта  
г. Гомель, Беларусь*

**Аннотация.** Пандемия коронавирусной инфекции covid-19 оказала существенное влияние на работу пассажирских транспортных систем городов, что обусловлено связанными с ней изменениями мощности и структуры пассажиропотоков. В то же время общественный пассажирский транспорт является местом скопления жителей, что предопределяет его как потенциальное место передачи инфекции. В таких условиях качественные коррективы в работе общественного транспорта представляются вполне обоснованными.

В данной статье приводятся результаты опроса пассажиров второго по величине города Беларуси, характеризующие их транспортное поведение в период пандемии covid 19. По результатам их статистической обработки производятся соответствующие выводы.

**Ключевые слова:** пассажир, covid-19, общественный транспорт, опрос пассажиров, анализ, фактор, влияние.

## BEHAVIORING PUBLIC TRANSPORT PASSENGERS DURING THE COVID 19 PANDEMIC

**Vitaliy M. Morozov, Sergei A. Azemsha**

*Belarusian State University of Transport  
Belarus, Gomel*

**Abstract.** The covid 19 coronavirus pandemic has had a significant impact on the operation of urban passenger transport systems, due to the associated changes in the capacity and structure of passenger flows. At the same time, public passenger transport is a crowded place, which predetermines it as a potential place for infection transmission. Under such conditions, qualitative adjustments in the work of public transport seem to be quite justified.

This article presents the results of a survey of passengers of the second largest city in Belarus, characterizing their transport behavior during the covid 19 pandemic. According to the results of their statistical processing, appropriate conclusions are made.

**Keywords:** passenger, covid 19, public transport, passenger survey, analysis, factor, impact.

### Введение

Влияние пандемии коронавирусной инфекции covid-19 на работу общественного транспорта, равно как и влияние его работы на распространение этой инфекции, очевидно, что и обуславливает актуальность тематики подобных исследований.

На текущий момент опубликовано немало научных статей подобной тематики. Так, работа [1] направлена на изучение превентивного поведения, связанного с COVID-19, включая ношение масок и соблюдение физической дистанции между пассажирами автобусов и мер общественного такси для оценки систем вентиляции в этих транспортных средствах. Это исследование было

проведено с участием 753 пассажиров автобусов и такси в Тебризе, на северо-западе Ирана, с 15 февраля по 1 марта 2021 года. Результаты данного исследования показали, что женщины-пассажиры использовали маски значительно чаще, чем мужчины. Около 40% мужчин и женщин не соблюдали физическую дистанцию не менее одного метра в системе общественного транспорта. Несоблюдение социальной дистанции чаще всего наблюдалось у лиц с низким социальным статусом. Учитывая, что социальное дистанцирование в меньшей степени соблюдается в системе общественного транспорта в Тебризе (Иран), авторы рекомендуют правительству рассмотреть и контролировать рекомендации по защите пассажиров от заражения COVID-19 путем принятия мер по поддержанию физической дистанции в системах общественного транспорта. Владельцев транспортных средств, которые не соблюдают санитарные протоколы, можно заставить держаться на расстоянии, налагая штрафы.

В работе [2] оценивалось влияние мобильности населения на заболеваемость коронавирусной инфекцией. Было установлено, что количество случаев коронавируса положительно коррелирует с количеством использования общественного транспорта. Кроме того, было получено, что 56,3% движений в ежедневных случаях коронавируса объясняются движениями в ежедневном использовании общественного транспорта. Модель, описывающая влияние мобильности на заболеваемость коронавирусом, имеет вид:  $\ln(DCC) = 2.48 * 0,02^{\text{PTU}}$ , где DCC – число ежедневных случаев заболевания коронавирусом; PTU – транспортная подвижность населения, т.е. при увеличении общественного транспорта на 1 ед. ежедневные случаи заболевания коронавирусом увеличиваются на 0,02 ед. в логарифмическом выражении. В то же время авторы отмечают невозможность нормального функционирования экономики и жизни общества без общественного транспорта. Поэтому они предлагают ряд мер: нормирование максимального уровня наполняемости общественного транспорта, поощрение удаленной занятости, смещение начала (окончания) работы предприятий.

В работе [3] отмечено, что в системе общественного транспорта приходится преодолевать множество проблем, связанных с COVID-19. Одной из них является прогнозирование транспортного поведения горожан после пандемии: продолжат ли они использовать транспорт регулярного сообщения или перейдут к поездкам на личных автомобилях. Авторы провели опрос среди людей, регулярно пользующихся системой общественного транспорта. Краткий опрос был заполнен 681 респондентом из Индии. По результатам опроса установлено, что большинство респондентов предпочли бы путешествовать на своем транспортном средстве, а не на общественном транспорте. Кроме того, меньший процент людей (такси – 7,6%, метро – 14,24%, маршрутки – 16,67%, другие – 9,29%), которые готовы продолжить пользоваться тем же видом транспорта, в то время как остальные готовы добираться до работы на собственном транспорте. Также установлено, что такие меры, как принуждение к ношению масок, использование дезинфицирующих средств перед входом в транспорт, использование приложения Aarogya Setu, принуждение к ношению перчаток и ограниченное количество разрешений на пункты общественного питания, работающих на станциях, приветствуются людьми.

Авто [4] подчеркивает, что общественный транспорт является важнейшей социально-экономической услугой, но в то же время все его виды (автобусы, троллейбусы, поезда, трамваи, поезда метро, арендованные автомобили, самолеты, суда и т.д.), а также вокзалы, пассажирские терминалы и аэропорты являются зонами повышенного риска распространения инфекционных заболеваний, и этот аспект стал особенно значимым в контексте пандемии COVID-19. Непрямая передача коронавируса SARS-CoV-2 через загрязненные руки и поверхности является одним из признанных способов распространения инфекции. Дезинфекция внутренних поверхностей, к которым часто прикасаются, таких как ручки и поручни, перила, спинки сидений и т.д., стала повседневной практикой во многих странах мира. В своей работе автор представил обзор имеющихся в литературе научных данных об инактивирующей эффективности широко применяемых дезинфицирующих средств в отношении коронавирусов человека и животных и описал их преимущества и недостатки.

Очевидно, что обзор научных работ подобной тематики можно продолжать достаточно долго.

### Основная часть

Как известно, анкетирование пассажиров общественного транспорта является мощным инструментом выявления путей его развития. Для реализации потенциала этой формы взаимодействия с пользователями услуг общественного пассажирского транспорта в г. Гомеле

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

(Беларусь) была разработана структура транспортной анкеты [5]. Опрос был реализован при помощи инструмента GoogleForm. В части коронавирусной инфекции в анкете было два вопроса:

1. Как пандемия повлияла на число поездок? На данный вопрос предлагались следующие варианты ответа:

- никак не повлияла;
- в начале пандемии я старался меньше ездить, потом количество поездок возросло;
- я с начала пандемии до сих пор стараюсь меньше ездить.

2. Используете ли вы средства защиты органов дыхания при поездке? На данный вопрос предлагались следующие варианты ответа:

- я не использую средства индивидуальной защиты органов дыхания;
- в начале пандемии я использовал средства индивидуальной защиты органов дыхания, потом перестал;
- я постоянно использую средства индивидуальной защиты органов дыхания.

Всего ответило на данные вопросы 2894 респондента. Результаты ответов представлены на рисунке 1. Из него видно, что на количество передвижений 2/3 пассажиров пандемия не повлияла никак, и лишь 13% опрошенных указали, что стараются совершать меньше передвижений со времени начала распространения COVID-19. Также видно, что те же 2/3 пассажиров использовали средства защиты органов дыхания в начале пандемии, а постоянно их используют лишь 14% респондентов.

Для установления наличия зависимости между вариантами ответов на два представленных респондентам вопроса был проведен Хи-квадрат тест, реализованный в [6], который показал наличие зависимости между рассматриваемыми категориальными переменными. В таблице 1 представлено внутригрупповое распределение их частот.

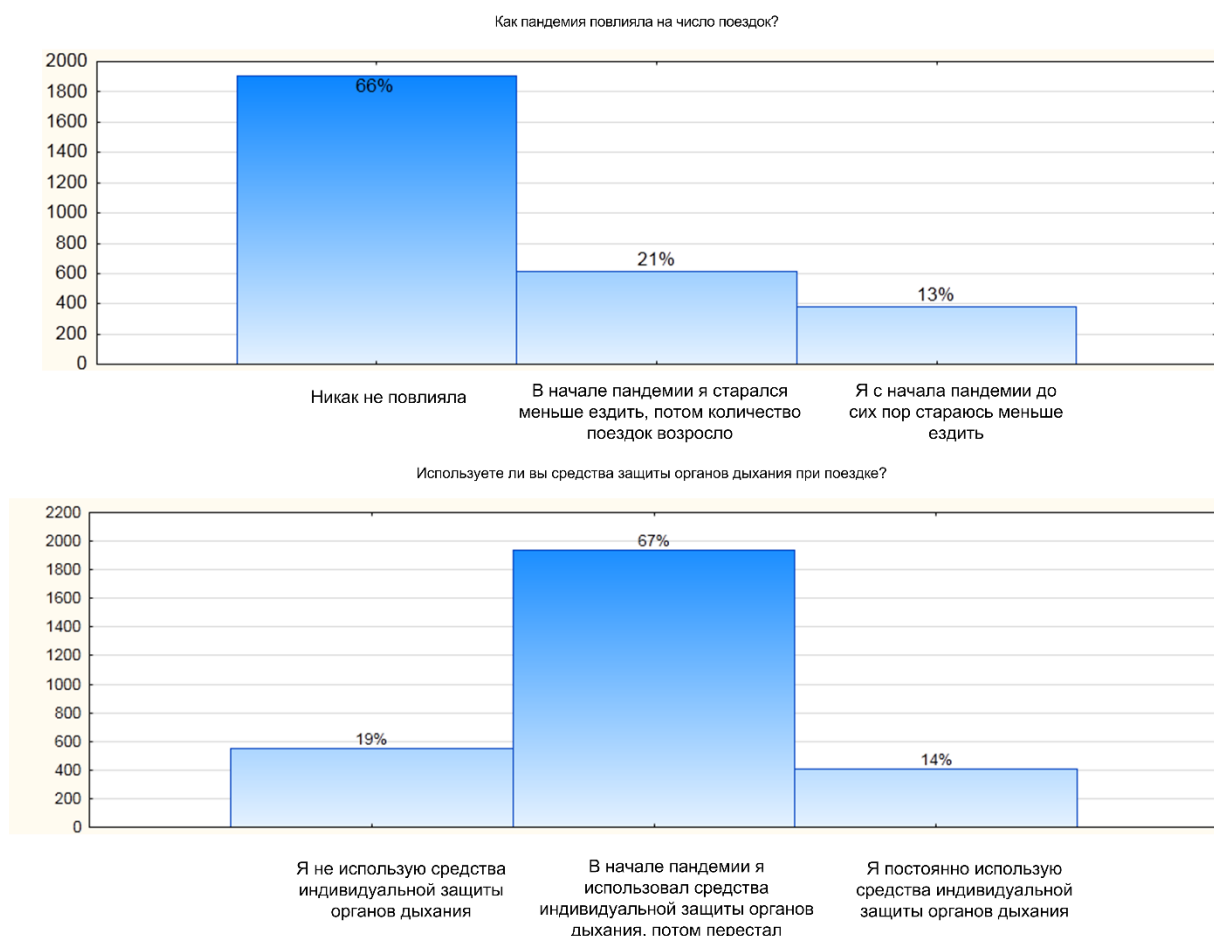


Рисунок 1 – Распределение ответов респондентов

Figure 1 – Distribution of respondents' responses

# НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Таблица 1  
Результаты расчёта внутригрупповых частот

Table 1  
Results of calculation of intra-group frequencies

Использование средств защиты органов дыхания при поездке		Как ковид повлиял на кол-во поездок			Итого по строке
		Никак не повлиял	В начале пандемии я старался меньше ездить, потом количество поездок возросло	Я с начала пандемии до сих пор стараюсь меньше ездить	
Я не использую средства индивидуальной защиты органов дыхания	Количество	471	47	30	548
	По столбцу, %	24,74%	7,67%	7,96%	
	По строке, %	85,95%	8,58%	5,47%	
	По таблице, %	16,28%	1,62%	1,04%	18,94%
В начале пандемии я использовал средства индивидуальной защиты органов дыхания, потом перестал	Количество	1207	481	247	1935
	По столбцу, %	63,39%	78,47%	65,52%	
	По строке, %	62,38%	24,86%	12,76%	
	По таблице, %	41,71%	16,62%	8,53%	66,86%
Я постоянно использую средства индивидуальной защиты органов дыхания	Количество	226	85	100	411
	По столбцу, %	11,87%	13,87%	26,53%	
	По строке, %	54,99%	20,68%	24,33%	
	По таблице, %	7,81%	2,94%	3,46%	14,20%
Итого по столбцу	All Grps	1904	613	377	2894
Итого по таблице, %		65,79%	21,18%	13,03%	100,00 %

Из таблицы 1 видно, например, что 41,71% всех респондентов ответили, что в начале пандемии они использовали средства индивидуальной защиты органов дыхания, потом перестали, а также, что пандемия никак не повлияла на их количество передвижений. Также видно, что из тех, кто ответил, что пандемия никак не повлияла на количество передвижений, 63,39% в начале пандемии использовали средства индивидуальной защиты органов дыхания, потом перестали.

Кроме того, произведена оценка значимости влияния факторов, описывающих респондентов, на ответ на вопросы по влиянию пандемии на количество поездок и использование средств защиты органов дыхания. Такими факторами являлись:

- категориальные: род занятий, доход, наличие автомобиля, частота пользования общественным транспортом, пол. При этом использовался критерий Хи-квадрат, т.к. обе анализируемые переменные категориальные;

- непрерывный – возраст респондентов. При этом использовался дисперсионный анализ, т.к. непрерывные переменные внутри групп распределены по нормальному закону.

На рисунке 2 представлены круговые диаграммы, показывающие распределение ответов на вопрос о влиянии пандемии на количество поездок в зависимости от уровня дохода респондентов.



## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

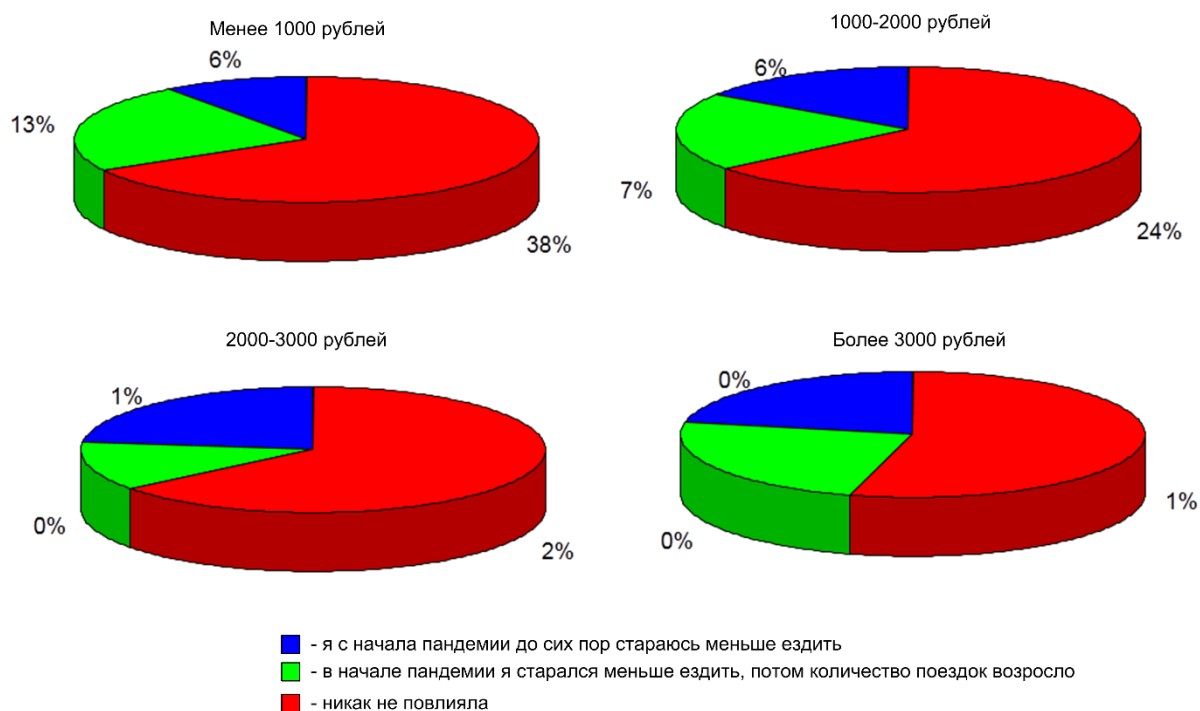


Рисунок 2 – Распределение ответов респондентов в зависимости от уровня их доходов на вопрос о влиянии пандемии на количество передвижений

Figure 2 – Distribution of respondents' responses depending on their income level to the issue about the impact of the pandemic on the number of movements

Из рисунка 2 видно, что в каждой группе респондентов большинство из них отвечали, что пандемия не повлияла на количество передвижений. Наибольшая доля опрошенных (38%) – это респонденты с уровнем доходов менее 1000 рублей, ответившие, что пандемия не повлияла на их количество передвижений. Кроме того, видно, что размер сегментов одинакового цвета для разных категорий респондентов различен, что позволяет предположить наличие влияния доходов на данный респондентом ответ. Значимость такого влияния можно оценить при помощи критерия Хи-квадрат. Результаты его расчета при помощи [6] и значения ожидаемых частот приведены в таблице 2.

Таблица 2  
Результаты расчёта ожидаемых частот и критерия Хи-квадрат

Table 2  
Results of calculation of expected frequencies and Chi-square criterion

хи-квадрат Пирсона: 35,1082, сс=6, p=,000004

Как ковид повлиял на кол-во поездок	Доход менее 1000 руб.	Доход более 3000 руб.	Доход 1000–2000 руб.	Доход 2000–3000 руб.	Всего
Никак не повлиял	1047,458	30,17098	680,159	68,2126	1826,000
В начале пандемии я старался меньше ездить, потом количество поездок возросло	344,181	9,91379	223,491	22,4138	600,000
Я с начала пандемии до сих пор стараюсь меньше ездить	205,361	5,91523	133,350	13,3736	358,000
Всего	1597,000	46,00000	1037,000	104,0000	2784,000

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Из таблицы 2 видно, что уровень доверительной вероятности меньше 0,05, что позволяет утверждать о значимости влияния уровня доходов на выбор варианта ответа на вопрос о влиянии пандемии на количество передвижений. Характер такого влияния можно оценить из таблицы 3.

Таблица 3  
*Оценка влияния характера значимости уровня доходов на изменение передвижений во время пандемии*

Table 3  
*Assessment of the impact of the nature of the significance of the income level on the change in movement during the pandemic*

Уровень доходов		Никак не повлияла	В начале пандемии я старался меньше ездить, потом количество поездок возросло	Я с начала пандемии до сих пор стараюсь меньше ездить	Итого по строке
Менее 1000 руб.	Количество	1066	369	162	1597
	По столбцу, %	58,38%	61,50%	45,25%	
	По строке, %	66,75%	23,11%	10,14%	
	По таблице, %	38,29%	13,25%	5,82%	57,36%
1000–2000 руб.	Количество	668	207	162	1037
	По столбцу, %	36,58%	34,50%	45,25%	
	По строке, %	64,42%	19,96%	15,62%	
	По таблице, %	23,99%	7,44%	5,82%	37,25%
2000–3000 руб.	Количество	67	13	24	104
	По столбцу, %	3,67%	2,17%	6,70%	
	По строке, %	64,42%	12,50%	23,08%	
	По таблице, %	2,41%	0,47%	0,86%	3,74%
Более 3000 руб.	Количество	25	11	10	46
	По столбцу, %	1,37%	1,83%	2,79%	
	По строке, %	54,35%	23,91%	21,74%	
	По таблице, %	0,90%	0,40%	0,36%	1,65%
Итого по столбцу	Количество	1826	600	358	2784
	%	65,59%	21,55%	12,86%	100,00%

Из таблицы 3 видно, что в группах с большим доходом доля людей, на количество поездок которых не повлияла пандемия, уменьшается. В то же время в группах с большим уровнем доходов наблюдается рост доли респондентов, которые стремились ездить меньше в начале пандемии, а также тех, которые до сих пор стараются уменьшить число передвижений.

Аналогичные расчеты были выполнены и для остальных категориальных переменных (род занятий, наличие автомобиля, частота пользования общественным транспортом, пол) для целей оценки влияния пандемии на количество передвижений, а также на использование средств защиты органов дыхания при поездках. По критерию Хи-квадрат было установлено, что все указанные факторы значимо влияют на оба предложенных вопроса об особенностях передвижения в период пандемии. Из результатов таких расчетов можно сделать следующие выводы:

- пандемия меньше повлияла на уменьшение количества поездок, совершаемых мужчинами, чем женщинами;
- средствами защиты органов дыхания мужчины пользуются реже, чем женщины;
- большая доля служащих государственных предприятий, руководителей (заместителей руководителей) пользуется средствами индивидуальной защиты органов дыхания до сих пор;

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

---

- пенсионеры больше подвержены уменьшению количества передвижений в период пандемии, а студенты и рабочие государственных учреждений – меньше;
- респонденты, у которых в пользовании есть личный автомобиль, более подвержены уменьшению числа поездок в период пандемии, чем те, у кого автомобиля нет;
- респонденты, в пользовании которых есть личный автомобиль, более ответственны в применении средств защиты органов дыхания, чем те, у которых автомобиля нет;
- чем чаще респонденты пользуются общественным транспортом, тем меньше влияние пандемии на количество их передвижений;
- чем реже респонденты пользуются общественным транспортом, тем более ответственно они используют средства защиты органов дыхания;
- чем выше уровень доходов, тем больше склонность к использованию средств защиты органов дыхания.

Результаты дисперсионного анализа по оценке значимости влияния возраста респондентов на уменьшение числа поездок в период пандемии и на использование средств защиты органов дыхания представлены на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что уровень доверительной вероятности меньше 0,05, что говорит о наличии значимого влияния возраста респондентов на выбранные им варианты ответов. При этом видно, что модель более безопасного поведения в период пандемии, заключающаяся в лимитировании числа передвижений и использовании средств защиты органов дыхания, характерна для респондентов старшего возраста.

### Заключение

В данной статье приведена часть результатов транспортного опроса жителей г. Гомеля (Беларусь) в части влияния пандемии на их транспортное поведение. Опрос был реализован при помощи инструмента GoogleForm и содержал два тематических вопроса:

1. Как пандемия повлияла на число поездок? На данный вопрос предлагались следующие варианты ответа:

- никак не повлияла;
- в начале пандемии я старался меньше ездить, потом количество поездок возросло;
- я с начала пандемии до сих пор стараюсь меньше ездить.

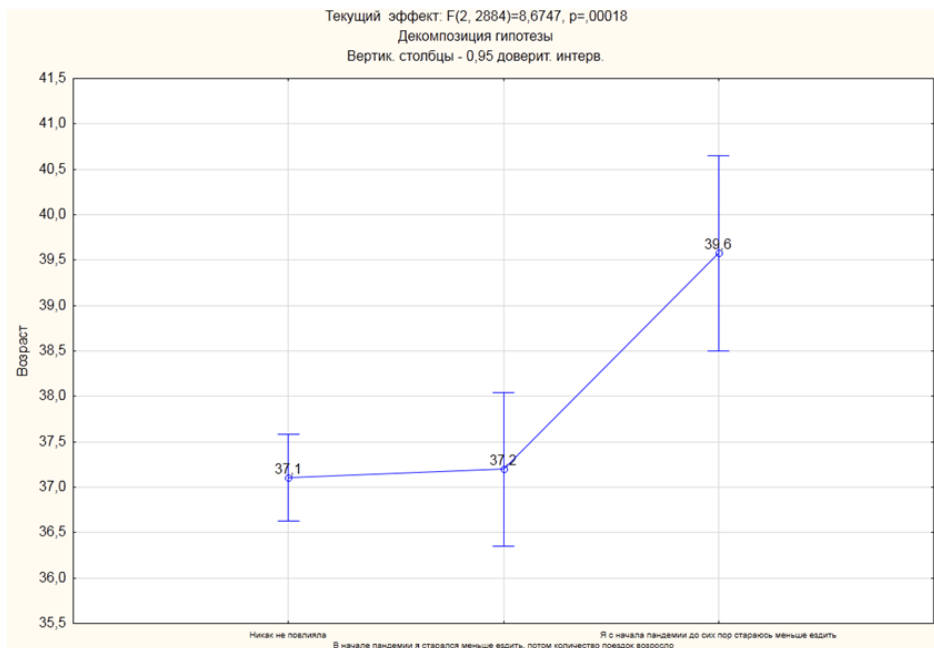
2. Используете ли вы средства защиты органов дыхания при поездке? На данный вопрос предлагались следующие варианты ответа:

- я не использую средства индивидуальной защиты органов дыхания;
- в начале пандемии я использовал средства индивидуальной защиты органов дыхания, потом перестал;
- я постоянно использую средства индивидуальной защиты органов дыхания.

Всего ответило на данные вопросы 2894 респондента. Результаты ответов показывают (см. рисунок 1), что на количество передвижений 2/3 пассажиров пандемия не повлияла никак, и лишь 13% опрошенных указали, что стараются совершать меньше передвижений со времени начала распространения COVID-19. Также видно, что те же 2/3 пассажиров использовали средства защиты органов дыхания в начале пандемии, а постоянно их используют лишь 14% респондентов. Анализ частот показал (см. таблицу 1), что 41,71% всех респондентов ответили, что в начале пандемии они использовали средства индивидуальной защиты органов дыхания, потом перестали, а также, что пандемия никак не повлияла на их количество передвижений. Также видно, что из тех, кто ответил, что пандемия никак не повлияла на количество передвижений, 63,39% в начале пандемии использовали средства индивидуальной защиты органов дыхания, потом перестали.

# НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Как пандемия повлияла на количество поездок



Использование средств защиты органов дыхания

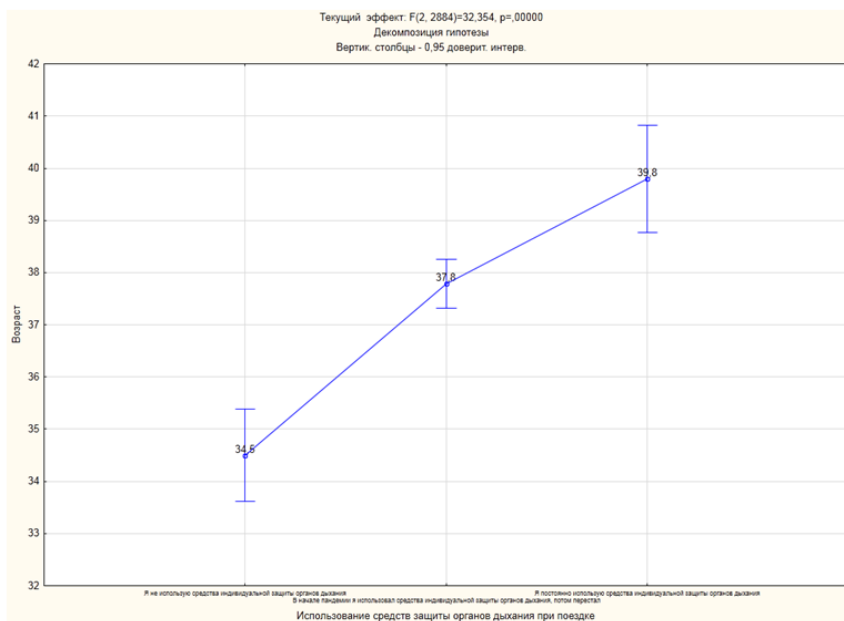


Рисунок 3 – Оценка влияния возраста респондентов об изменении их транспортного поведения в период пандемии

Figure 3 – Assessment of the impact of respondents' age on changes in their transport behavior during the pandemic

Также произведена оценка значимости влияния факторов, описывающих респондентов, на ответ на вопросы по влиянию пандемии на количество поездок и использование средств защиты органов дыхания. Такими факторами являлись:



## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

- категориальные: род занятий, доход, наличие автомобиля, частота пользования общественным транспортом, пол. При этом использовался критерий Хи-квадрат, т.к. обе анализируемые переменные категориальные;

- непрерывный – возраст респондентов. При этом использовался дисперсионный анализ, т.к. непрерывные переменные внутри групп распределены по нормальному закону.

Из результатов таких расчетов можно сделать следующие выводы:

- пандемия меньше повлияла на уменьшение количества поездок, совершаемых мужчинами, чем женщинами;

- средствами защиты органов дыхания мужчины пользуются реже, чем женщины;

- большая доля служащих государственных предприятий, руководителей (заместителей руководителей) пользуется средствами индивидуальной защиты органов дыхания до сих пор;

- пенсионеры больше подвержены уменьшению количества передвижений в период пандемии, а студенты и рабочие государственных учреждений – меньше;

- респонденты, у которых в пользовании есть личный автомобиль, более подвержены уменьшению числа поездок в период пандемии, чем те, у которых автомобиля нет;

- респонденты, в пользовании которых есть личный автомобиль, более ответственны в применении средств защиты органов дыхания, чем те, у которых автомобиля нет;

- чем чаще респонденты пользуются общественным транспортом, тем меньше влияние пандемии на количество их передвижений;

- чем реже респонденты пользуются общественным транспортом, тем более ответственно они используют средства защиты органов дыхания;

- чем выше уровень доходов, тем больше склонность к использованию средств защиты органов дыхания;

- модель более безопасного поведения в период пандемии, заключающаяся в лимитировании числа передвижений и использовании средств защиты органов дыхания, характерна для респондентов старшего возраста.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Aghdam Fatemeh & Sadeghi-Bazargani, Homayoun & Shahsavarinia, Kavous & Jafari, Fatemeh & Jahangiry, Leila & Gilani, Neda. (2021). Investigating the COVID-19 related behaviors in the public transport system. Archives of Public Health. 79. 183. 10.1186/ s13690-021-00702-4.

2. Toker Д°pek & Aydin, Sila & Aydin, Burak & Daflpar, Mehmet & Guiseven, Osman. (2020). Impact of Public Transportation Usage on Coronavirus Cases. 10.13140/RG.2.2.23520.30722/1.

3. Meena Mukesh & Sharma, Megha. (2020). The effect of covid-19 on public transportation. JIMS8M: The Journal of Indian Management & Strategy. 25. 53- 59. 10.5958/0973-9343.2020.00033.2.

4. Ложкина О. В. К вопросу о мерах обеспечения безопасности на объектах общественного транспорта в условиях пандемии COVID-19, вызванной новым коронавирусом SARS-COV-2: сравнение вирулицидного действия дезинфектантов // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2020. № 3(53). С. 21–25. EDN FQYENB.

5. Аземша С. А., Морозов В. М. Разработка предложений по анкетированию пассажиров городского пассажирского транспорта регулярного сообщения // Вестник СибАДИ. 2022;19(3):344–357. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-3-344-357>.

6. Statistica 13.3. Computer program. Serial number JRR709H998119TE-A.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Морозов Виталий Михайлович – магистрант кафедры «Управление автомобильными перевозками и дорожным движением», e-mail: vitaliy.m.morozov@icloud.com.*

*Аземша Сергей Александрович – канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой «Управление автомобильными перевозками и дорожным движением», e-mail: s-azemsha@yandex.ru.*

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Vitaliy M. Morozov – undergraduate student of the Road Transport and Traffic Management Department, e-mail: vitaliy.m.morozov@icloud.com.*

*Sergei A. Azemsha – Cand. of Sci., Associate Professor, Head of the Road Transport and Traffic Management Department, e-mail: s-azemsha@yandex.ru.*



## ОЦЕНКА ПЕРИОДИЧНОСТИ И СТОИМОСТИ ЗАМЕНЫ САЛОННОГО ФИЛЬТРА КЛИМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ АВТОМОБИЛЕЙ

**А. В. Сайб**

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),  
г. Омск, Россия*

**Аннотация.** В статье представлен анализ текущего состояния рынка автомобилей, цен на запасные части, а также изменения интервала замены салонного фильтра. Произведена оценка состояния салонного фильтра и даны рекомендации по периодичности его замены. Произведено сравнение стоимости замены салонного фильтра с учетом изменения стоимости запасных частей и рекомендаций по его замене.

**Ключевые слова:** салонный фильтр, климатическая установка, интервал замены салонного фильтра, затраты на обслуживание климатической установки.

## ASSESSMENT OF FREQUENCY AND COST OF REPLACING A CABIN FILTER IN AIR CONDITIONING UNIT OF CARS

**Artur V. Sayb**

*Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)  
Omsk, Russia*

**Abstract.** The article presents the analysis of the current state of a car market, prices for spare parts, as well as changes in a cabin filter replacement interval. The condition of the cabin filter is assessed and recommendations are made on the frequency of its replacement. A comparison of the cost of replacing the cabin filter is made, taking into account the change in the cost of spare parts and recommendations for its replacement.

**Keywords:** cabin filter, air conditioning unit, cabin filter replacement interval, maintenance costs of the air conditioning unit.

### Введение

Ведущей на данный момент времени актуальной проблемой в мире является тема экологии и высокого уровня вредных выбросов от автотранспортных средств (АТС) [1]. Данной проблемой не один десяток лет занимаются ученые и инженеры разных стран. При этом отработавшие газы (ОГ) не являются единственной проблемой ущерба экологии. Помимо ОГ существуют сажа, продукты износа деталей АТС (шины, приводные ремни, сцепление на АТС с МКПП) [2]. Всё это образует своего рода облако над дорожным участком. Из разнообразных и многочисленных исследований можно выделить актуальность темы состояния микроклимата в салоне АТС, так как именно водители и пассажиры больше всего подвержены воздействию вышеперечисленных факторов [3].

В связи с политической ситуацией в мире прошли серьезные неблагоприятные (в большей мере) перемены, изменившие текущее положение дел на автомобильном рынке. Крупнейшие автомобильные концерны покидают территорию РФ и продают бизнес, в связи с чем наблюдается снижение продаж новых автомобилей, которые в свою очередь отвечают высоким требованиям экологических международных норм, эти проблемы повлекли за собой колоссальный рост цен на расходные материалы и запасные части. Вследствие этого автовладельцы отдают предпочтение более дешевым запчастям, зачастую низкого качества.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

В то же время крупнейший по продажам автоконцерн «АвтоВАЗ» на фоне санкций и ослабления правительством экологических норм начал выпускать «Санкционные» автомобили экологического класса «Евро 0» [4, 5].

Из-за возникшего дефицита автомобилей наблюдается интерес автолюбителей к перегону автомобилей из стран СНГ, а также выкуп автомобилей из европейских стран и Японии методом аукциона. Подавляющая часть из них не соответствует текущим международным экологическим нормам. Текущая тенденция также усугубляет актуальную проблему экологии, в частности проблему состояния микроклимата в салоне.

На фоне вышеизложенной информации принято решение о проведении экологических и экономических исследований, а также разработка плана по усовершенствованию современных отопительных систем и климатических установок. Целью данного плана является снижения содержания вредных веществ (ВВ) в салоне автомобиля и снижение финансовых потерь автовладельцев при выполнении технического обслуживания автомобиля.

### Состояние рынка АТС в РФ на 2021 год

По данным агентства «АВТОСТАТ», на территории Российской Федерации числится 45,5 млн легковых автомобилей (по состоянию на 1 января 2022 года). Это составляет 76,3% от общего количества транспортных средств (59,6 млн шт.). Как отмечают эксперты, самой распространенной маркой легкового автопарка по-прежнему остается отечественная LADA, на долю которой приходится почти 30%. Доля марок легкового сегмента в процентах представлена на рисунке 1.

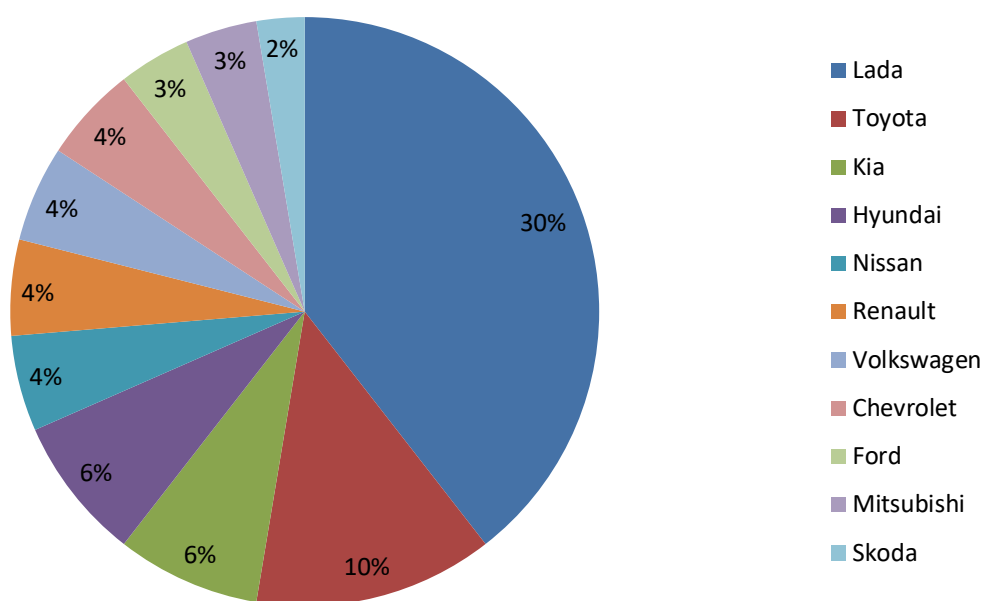


Рисунок 1 – Доли марок легкого сегмента в процентах по состоянию на 01.01.2022 года

Figure 1 – Percentage share of light segment brands as on 01.01.2022

Так, на начало нынешнего года в России насчитывалось 13,5 млн таких легковых автомобилей. С трехкратным отставанием от лидера второе место в марочном рейтинге занимает японская Toyota (4,1 млн шт.). Далее с одинаковыми показателями (по 2,5 млн шт.) следуют корейские бренды Hyundai и Kia. У японского Nissan и французского Renault тоже наблюдается паритет по числу зарегистрированных легковых автомобилей (по 2,2 млн шт.). Кроме перечисленных марок, в ТОП-10 по объему парка также вошли: Volkswagen (1,8 млн шт.), Chevrolet (1,7 млн шт.), Ford (1,4 млн шт.) и Mitsubishi (1,3 млн шт.). Отметим и чешский бренд

Skoda (1,1 млн шт.), которому тоже удалось преодолеть миллионный рубеж. У оставшихся марок этот показатель ниже, а доля каждой из них составляет менее 2% [6].

### Анализ роста цен на запасные части в текущее время

На фоне введенных санкций и ухода крупнейших автопроизводителей с рынка РФ резко выросли цены на расходные материалы и запасные части данных марок автомобиля. Авторами представленной научной работы проведены исследования изменения стоимости запасных частей на примере автомобилей марки BMW. Предметом исследования является салонный фильтр тонкой очистки автомобилей марки BMW моделей BMW 1- 4, 5-6 Серии, а также модели I8. Результаты изменения стоимости салонных фильтров тонкой очистки по моделям автомобилей BMW приведены на рисунке 2.

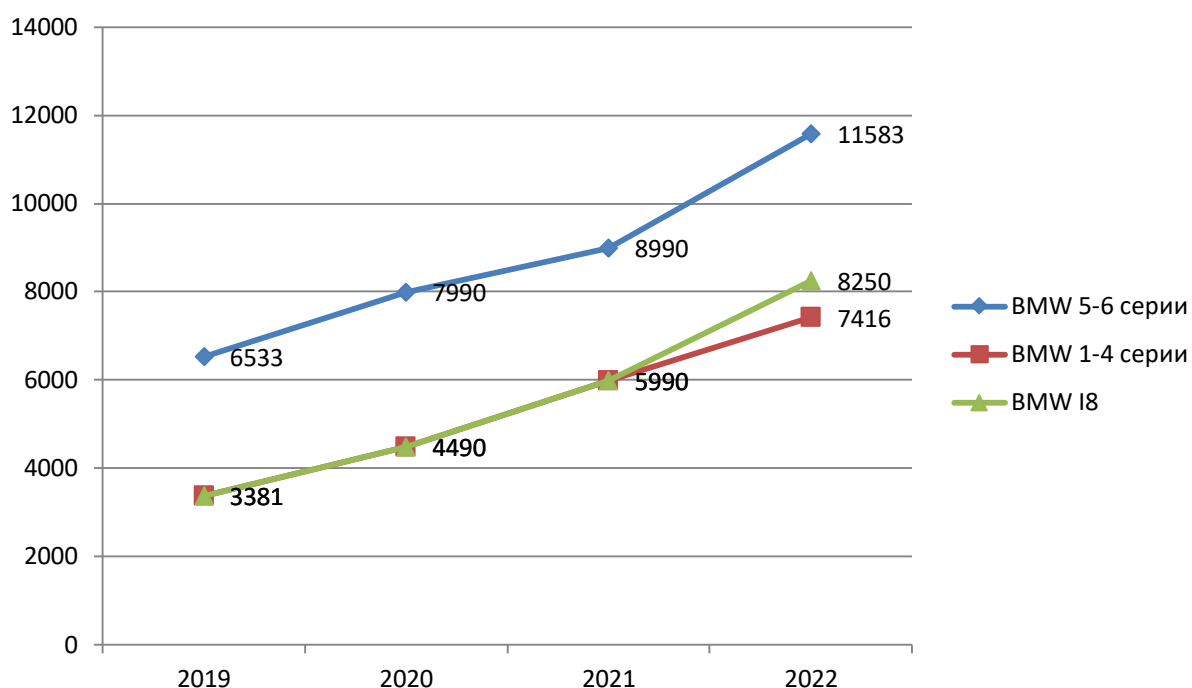


Рисунок 2 – График изменения стоимости салонного фильтра тонкой очистки BMW

Figure 2 – Graph of the change in the cost of the BMW fine cleaning cabin filter

Рост стоимости салонного фильтра тонкой очистки за период с 2019 по 2022 год составил 177% для нескольких модельных линеек автомобилей. Следствием такого чрезвычайно высокого роста стоимости данного элемента является рост стоимости обслуживания климатической установки.

Информация о стоимости салонных фильтров тонкой очистки получена от официального дилера BMW.

### Исследование фактического интервала замены салонного фильтра

У большинства автомобилей разных марок регламентируемый срок замены салонного фильтра 10–15 тыс. км пробега. В данной статье проведены исследования фактического интервала замены салонного фильтра. Исследования фактического срока службы основного салонного фильтра проводились следующим образом: были привлечены 10 чел. из числа студентов ФГБОУ ВО «СибАДИ», владеющих легковым транспортным средством с штатно оснащенный основным салонным фильтром. Результаты приведены в таблице 1.



# НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Таблица 1  
Исследования фактического срока службы основных салонных фильтров

Table 1  
Studies of the actual service life of the main cabin filters

Общее число участников эксперимента	Порядковый номер участника эксперимента	Условия эксплуатации	Пробег до замены (загрязнения) основного салонного фильтра, км
10	1	город	3000
	2	город	3000
	3	город	4500
	4	город	4500
	5	город	5500
	6	трасса	12000
	7	трасса	11500
	8	трасса	15000
	9	трасса	13000
	10	трасса	15000

Пять человек из числа испытуемых регулярно эксплуатируют автомобиль в режимах езды за чертой г. Омска, 5 остальных эксплуатируют только в городских режимах. Во всех 10 автомобилях до начала испытания была произведена замена салонного фильтра. Все салонные фильтры идентичного типа. Испытание заключается в эксплуатации автомобиля согласно нормам завода-изготовителя. Во время проведения испытания уже на пробеге 3000 км у 2 участников, которые эксплуатировали автомобиль в городе, были жалобы и признаки загрязнения основного салонного фильтра (запотевание стекол, снижение производительности климатической установки). У последних 3 участников из городского состава эти же признаки начали проявляться на 4,5–5,5 тыс. км. Из состава участников, эксплуатирующих автомобиль за городом, признаки не были обнаружены по окончании испытания, то есть фильтр прослужил свой нормативный срок, заданный заводом-изготовителем.

16

## Расчёт стоимости обслуживания климатической установки

Целью данного исследования является расчёт стоимости обслуживания климатической установки. Расчёты проводятся исходя из среднего годовичного пробега автомобиля по городу – 20 тыс. км. Фактический интервал замены салонного фильтра исходя из исследований, проведенных авторами статьи, считается 5700 км. Формула расчета затрат на обслуживание климатической установки приведена ниже.

Расчёт затрат на обслуживание климатической установки.

$$Z_{рх} = \frac{S_r}{S_p} \times Ц,$$

где  $Z_{рх}$  – затраты в год при замене салонного фильтра по регламентируемому пробегу, руб.;

$S_r$  – годовой пробег, км;

$S_p$  – регламентируемый пробег между заменой салонного фильтра, км;

$Ц$  – стоимость проведения обслуживания климатической установкой, руб.

Результаты расчёта фактических затрат при выполнении технического обслуживания (ТО) климатической установки согласно регламенту завода-изготовителя приведены в таблице 2.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Таблица 2  
*Расчёт фактических затрат при выполнении ТО климатической установки согласно регламенту завода-изготовителя*

Table 2  
*Calculation of the actual costs when performing the maintenance of the climatic installation according to the manufacturer's regulations*

Анализируемые года	Затраты на обслуживание климатической установки по моделям марки BMW		
	BMW 5–6 серии	BMW 1–4 серии	BMW I8
2019	8492,9	4395,3	4395,3
2020	10387	5837	5837
2021	11687	7787	7787
2022	15057,9	9640,8	10725

В таблице 2 приведены результаты расчёта фактических затрат за год при выполнении ТО согласно регламенту завода-изготовителя. То есть затраты автовладельца, которые он несёт при замене салонного фильтра, строго согласно регламенту завода-изготовителя, невзирая на достаточно серьёзные проявления последствий загрязнённого салонного фильтра.

Результаты расчёта фактических затрат при выполнении ТО климатической установки по мере фактического загрязнения салонного фильтра приведены в таблице 3.

Таблица 3  
*Расчёт фактических затрат при выполнении ТО климатической установки по мере фактического загрязнения салонного фильтра*

Table 3  
*Calculation of the actual costs when performing the climatic installation as the actual pollution of the cabin filter*

Анализируемые года	Затрат на обслуживание климатической установки по моделям марки BMW		
	BMW 5–6 серии	BMW 1–4 серии	BMW I8
2019	22865,5	11833,5	11833,5
2020	27965	15715	15715
2021	31465	20965	20965
2022	40540,5	25956	28875

В таблице 3 приведены результаты расчёта фактических затрат за год при выполнении ТО климатической установки по мере фактического загрязнения салонного фильтра, то есть затраты автовладельца при замене салонного фильтра при фактическом его загрязнении.

Исходя из результатов исследований, изложенных в таблицах 2 и 3, рост стоимости обслуживания климатической установки по необходимости по отношению к обслуживанию согласно регламенту составляет 269%. Под необходимостью подразумевается степень загрязнения салонного фильтра, при которой ухудшается общее самочувствие водителя и пассажиров, запотевание стекол и повышение влажности воздуха в салоне автомобиля. Всё это имеет прямое значение в вопросе безопасности дорожного движения, а также в вопросе состояния здоровья лиц, находящихся в салоне автомобиля.

Увеличение периодичности замены салонного фильтра ведет к улучшению микроклимата салона автомобиля, но в то же время влечет за собой увеличение затрат на обслуживание климатической установки автомобиля. Дальнейшие научные исследования будут направлены на снижение загрязнения салонного фильтра автомобиля и, соответственно, увеличения периодичности его замены.

## Заключение

В данной статье были проведены исследования по актуальной теме микроклимата салона автомобиля, в частности ухудшение среды эксплуатации, а также роста затрат на обслуживание климатических установок. Установлен фактический интервал замены салонного автомобиля на примере нескольких модельных рядов марки BMW, а также рассчитаны фактические затраты на обслуживание климатической установки с 2019 по 2022 год включительно.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вайсблум М. Е. Новые тенденции в развитии требований ЕЭК ООН в отношении экологических показателей АТС и устанавливаемых на них двигателей // Журнал ААИ. 2021. №3 (68). С. 14–19
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году» <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/6c7/gosdokladeco.pdf>
3. Орлов И. Ю., Титов И. М. Система оценки степени загрязнения фильтра салонного воздуха // Смотр-конкурс научных, конструкторских и технологических работ студентов Волгоградского государственного технического университета. 2019. С. 147–148
4. В России разрешат автомобильные двигатели класса «Евро-0» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5316400>
5. АвтоВАЗ возобновил производство. Но только упрощенных Lada Granta [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2022/06/08/avtovaz-vozobnovil-proizvodstvo-no-tolko-uproshchennyh-lada-granta.html>
6. В России насчитывается 45,5 млн легковых автомобилей [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/news/50925/>
7. Самарец А. В., Егоров В. А. Оценка влияния эксплуатационных факторов на эффективность работы салонных фильтров при помощи специального приборного обеспечения // Сборник науч. трудов. Москва: МАДИ, 2020. С. 105–109.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

*Сайб Артур Витальевич – магистрант группы НТКм – 22MAZ3.*

## INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

*Artur V. Sayb – Undergraduate student of NTKM group–22MAZ3*

*Научный руководитель – Банкет Михаил Викторович,  
канд. техн. наук, доц.*

*Academic supervisor – Mikhail V. Banket, Cand. of Sci.*



## ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**М. В. Лихоткина, А. П. Романов**

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)  
г. Омск, Россия*

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос систематизации данных в сфере использования техногенного грунта, получаемого в процессе сжигания угольного топлива на теплостанциях и провоцирующего таким образом ряд экологических и экономических проблем. Авторы рассматривают актуальную проблему использования продукции, получаемой в ходе использования ЗШС в качестве замены природного грунтового материала, при сооружении насыпей земляного полотна автомобильных дорог, планировочных насыпей для минимизации затрат, а также ущерба окружающей среде.

**Ключевые слова:** золошлаковые материалы, зола-уноса, насыпи автомобильных дорог, стабилизированные золошлаковые смеси.

## EFFICIENT USE OF ASH AND SLAG WASTE IN ROAD CONSTRUCTION

**Maria V. Likhotkina, Anton P. Romanov**

*Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)  
Omsk, Russia*

**Abstract.** The article considers the issue of data systematization in the field of technogenic soil use obtained during the combustion of coal fuel at thermal power plants and thus provoking a number of environmental and economic problems. The authors consider the actual problem of using products obtained during the use of ash and slag mixtures (ASMs) as a substitute for natural soil material, during the construction of embankments of the roadbed, planning embankments to minimize costs, as well as environmental damage.

**Keywords:** Ash and slag materials, fly ash, road embankments, stabilized ash and slag mixtures.

### Введение

Интенсивный рост автомобилизации и увеличение в составе движения тяжелых и очень тяжелых грузовых автомобилей требуют применения современных технологий для строительства, реконструкции, капитального и восстановительного ремонта автомобильных дорог.

Приоритетом для строительства автомобильных дорог с длительно сохраняющимися транспортно-эксплуатационными показателями в сложных природно-климатических и грунтово-геологических условиях России является высокое качество земляного полотна.

Однако в современных условиях все чаще встречается проблема, связанная с изысканием карьеров природных грунтов и материалов для строительства насыпи земляного полотна. Особенно сильно данная проблема влияет на увеличение стоимости логистики строительных материалов к строительному объекту. Разработка карьеров строительных материалов, пригодных для дорожного строительства, создаваемых как места добычи тех или иных полезных



ископаемых открытым способом, пагубно влияет на окружающую среду. Заметно ухудшается стойкость почвы к различным видам эрозии за счёт удаления почвенно-растительного слоя.

Учитывая ценность пригородных земель и экологическую напряжённость на этих территориях, под грунтовые карьеры отводят неудобья и обводнённые территории с некондиционными грунтами. Это зачастую вынуждает строительные организации сооружать земляное полотно из грунтов повышенной влажности либо везти кондиционный грунт с удаленных от участка строительства карьеров. При этом стоимость земляного полотна и всей дороги значительно возрастает [1].

Решением проблемы как для территории Российской Федерации, так и для большинства стран был и остается опыт использования в дорожном строительстве материала, получаемого за счет сжигания углей на тепловых станциях (ТЭС).

С учетом возникновения проблемы в энергетической отрасли Российской Федерации 65% тепловой и электрической энергии производится за счет сжигания углей на тепловых электростанциях (ТЭС) [2]. Золоотвалы в мегаполисах занимают от 200 до 1000 га пригородных территорий (общая площадь золоотвалов в РФ превышает 30 тыс. га), которые полностью извлекаются из хозяйственного оборота. Каждый отвал является потенциальным экологическим источником опасности.

Несмотря на сформулированные цели в области устойчивого развития Организацией Объединенных Наций, а именно цели № 13 «Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями», а также в рамках очередной климатической конференции ООН от 31.10.2021 г. в г. Глазго (Великобритания) и декларировании Генерального секретаря ООН Антониу Гутерриша: «Место угля – в истории» и развитии «чистой, зеленой» энергетики, разбиваются о сухую статистику использования угля как одного из основных видов топлива. На сайте Статистического Ежегодника мировой энергетики Enerdata – ежегодник 2022 приводится резкий рост и устойчивые позиции использования угля, особенно в странах Европы. Ключевые цифры в мировой энергетике за 2021 г.:

- переработанная нефть: -16,6% (результат резкого спада добычи в Великобритании);
- нефтепродукты: - 2,9% (сокращение потребления нефтепродуктов в Германии);
- уголь, лигнит: +11,9% (резкий рост потребления угля в Европе);
- природный газ: +13,6% (резкое увеличение спроса в странах БРИКС).

Несмотря на попытки внедрения новых экологически чистых технологий, количество сжигаемого твердого топлива на ТЭС стабильно увеличивается.

Стоит отметить, что альтернативы тепловым электростанциям на твердом топливе пока не существует. Соответственно получаемая энергия от сжигания ископаемых твердых видов топлива сопровождается производством отходов – зол и шлаков, а следовательно, возникает вопрос утилизации.

Большой опыт использования золошлаков во многих отраслях промышленности делает возможными следующие решения проблем накопления:

- использование в строительстве насыпей автомобильных и железнодорожных дорог при устройстве насыпей планировки территории;
- получение редкоземельных элементов;
- изготовление строительных материалов (производство керамических изделий и кирпича, цемента).

Наиболее материалоемким является крупнотоннажная утилизация данного техногенного грунта при сооружении насыпей земляного полотна автомобильных дорог, планировочных насыпей, поскольку потребность в материале для таких объектов высока.

С целью повышения объемов утилизации золошлаковых отходов V класса опасности Правительством Российской Федерации разработано и утверждено распоряжение №1557-р от 15.06.2022, устанавливающее комплексный план.

Целью данной работы является рассмотрение вопроса использования стабилизированных золошлаковых смесей для строительства земляного полотна автомобильной дороги.

### Основная часть

Большинство российских ТЭС топливный шлак и золу-уноса удаляют со станции совместно по системе гидрозолоудаления. В процессе движения по пульпопроводу они перемешиваются и образуют полидисперсную золошлаковую смесь. Золошлаковая смесь осаждается на

---

## ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

золоотвале, где впоследствии и хранится. Нормативно-техническая документация позволяет выделить несколько основных моментов при использовании ЗШС в земляном полотне [3].

Согласно п. 7.23 СП 34.13330.2021 рекомендуется для устройства насыпей ниже границы рабочего слоя с учетом Федерального закона от 10 января 2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и санитарных требований применять грунты и отходы промышленности, устойчивые под воздействием погодно-климатических факторов (циклов увлажнения-высушивания, промерзания-оттаивания). Грунты, а также отходы промышленного производства, изменяющие прочность и устойчивость под воздействием этих факторов и нагрузок с течением времени, в том числе особые грунты, допускается применять с ограничениями, обосновывая их применение результатами испытаний и расчетов. В необходимых случаях предусматривают конструктивные меры по защите неустойчивых грунтов от воздействия погодно-климатических факторов.

В соответствии с классификацией ГОСТ 25100–2020 золошлаковая смесь относится к четвёртому классу – техногенные дисперсные грунты (характеристика приведена в таблице 1).

Таблица 1  
Классификация ЗШС по ГОСТ 25100–2020

Table 1  
Classification of ASMs according to GOST 25100-2020

Класс	Подкласс	Тип	Подтип	Вид по способу создания	Подвид
Дисперсные	Несвязные	Техногенные	Антропогенные	Отходы производств, бытовые отходы	Отвалы и гидроотвалы шлаков, золошлаков и шламов

По СП 34.13330.2021 основным показателем пригодности грунтов для сооружения земляного полотна автомобильных дорог в РФ является степень пучинистости. Для верхней части насыпей рекомендуется использовать грунты со степенью пучинистости не более 4%. ГОСТ 25100–2020 и ОДМ 218.2.031–2013 относят к непучинистым или слабопучинистым грунтам и золошлаковые смеси со степенью пучинистости не более 3,5%. Также учитываются требования пункта 5.1.3 «Золошлаки не должны содержать посторонних загрязняющих включений (строительного мусора, грунта, древесных остатков и др.)» ОДМ 218.2.031–2013. Учитывая, что морозное пучение ЗШС существенно зависит от влажности материала [4], как и несущая способность [5, 6], можно сделать вывод о необходимости обязательной защиты рабочего слоя от увлажнения. Для использования ЗШС за пределами рабочего слоя земляного полотна нет существенных ограничений, что ранее было подтверждено в [7].

Для улучшения свойств грунта рабочего слоя земляного полотна следует предусматривать повышенное уплотнение грунтов (большие значения коэффициента уплотнения в указанном диапазоне по таблице 7.3 СП 34.13330.2021), использование вяжущих, стабилизаторов грунтов, гранулометрических добавок. В работе [8] после проведенного анализа представлен вывод о результативном применении зологрунта в пропорции 50% золошлаковой смеси и 50% суглинка, укрепленный 6% извести и 0,4% стабилизатором, в возрасте 90 сут имеет предел прочности на сжатие 1,76 Мпа, что соответствует марке М10. Результатом является возможность использовать ЗШС при строительстве рабочего слоя земляного полотна или нижних слоев оснований дорожной одежды. В качестве стабилизатора: Стабилизатор грунта «Саттелит» при взаимодействии с компонентами техногенного грунта изменяет их водно-физические свойства, способствует образованию прочных химических связей в кристаллических решетках. Техногенный грунт приобретает гидрофобные свойства, не подвержен набуханию, размоканию и образованию сложных коллоидных растворов. Стабилизатор грунта на основе минеральной кислоты и поверхностно-активных веществ обеспечивает нейтрализацию токсикантов и благодаря присутствующим в составе стабилизатора поверхностно-активных веществ обеспечивает также стабилизацию и укрепление грунта. Разработан по ТУ 20.16.57-003-012970772–2019.

## ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Для повышения стабильности рабочего слоя следует предусматривать укрепление его верхней части неорганическими (цемент, шлаки, известь, золы уноса и др.) и органическими (битумы, битумные эмульсии и др.) вяжущими в соответствии с ГОСТ 23558, ГОСТ 30491.

Также возможно использовать в рабочем слое топливный шлак, свойства которого описаны в статье [9], что позволяет использовать его в составе как материал земляного полотна, вертикальной планировки территории или материал дополнительных слоев дорожной одежды. В формировании конструкции дорожной одежды справедливо отметить применение щебня, получаемого из ЗШС [10].

Научным коллективом СИБАДИ в рамках строительства автомобильной дороги «Северный обход г. Омска» был рассмотрен вопрос возможности и условиях применения золошлаковой смеси Омских ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5 в насыпях земляного полотна. Ранее этот подход был использован при проектировании насыпи из золошлаковой смеси Каширской ГРЭС и описан в работе [11].

Оценка общей устойчивости конструкций поперечных профилей на дороге «Северный обход г. Омска» выполнялась согласно ВСН 04-71, с учетом нагрузок по ГОСТ Р 52748–2007. Учитывая возможности применения в рамках проекта насыпей до 12 м, в ходе оценки устойчивости была установлена необходимость привязки существующих проектных решений путем оценки устойчивости поперечных профилей двух типов: высотой до 6 м (тип А) и высотой от 6 до 12 м (тип Б) как наиболее характерных и имеющих риск разрушения. Заложение откоса на участках насыпей земляного полотна автомобильной дороги «Северный обход» г. Омска принималось с учетом п. 7.26 СП 34.13330.2021 по таблице 7.4. (по принципу аналогии заложения принимались как для мелких песков и супесей) и ОДМ 218.2.031–2013. Учитывая инженерно-геологические изыскания и тип местности по условию увлажнения, был проведён расчет величины коэффицента запаса устойчивости (коэффицента запаса), результат которого сравнивался с допустимым (нормативным) значением в соответствии с таблицей 2 ВСН 04-71, значение которого принимали 1,35.

Стоит отметить, что при оценке устойчивости земляного полотна из ЗШС с использованием реальных расчетных параметров ЗШС, приведённых в таблице 2, определенных в ходе экспериментальных исследований, устойчивость земляного полотна имеет обеспечение даже с минимальными заложениями согласно СП 34.13330–2021.

В качестве основного материала был рассмотрен ЗШС Омских ТЭЦ (ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5) г. Омска.

Таблица 2  
Свойства ЗШС в различных условиях по увлажнению

Table 2  
ASMs properties in various humidification conditions

№	Характеристики местности	Максимальная плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup> (кН/м <sup>3</sup> )	Плотность влажного грунта, г/см <sup>3</sup> (кН/м <sup>3</sup> )	Удельное сцепление, кПа	Угол внутреннего трения, °
1	(1-й тип местности)	1,30	1,48	50	33
2	(2-й тип местности)	1,30	1,54	35	31
3	(3-й тип местности)	1,30	1,63	20	28

Результаты расчета выявили, что насыпи с заложением откосных частей 1:1,5; 1:1,75, а также 1:2,0 (для насыпи высотой до 6 м на основании из песка (аQIV), всех типов местности) согласно СП 34.13330–2021 при учете заниженных параметров из ОДМ 218.2.031–2013 не обладают достаточной устойчивостью согласно ВСН 04-71.

Стоит отметить, что при оценке устойчивости земляного полотна из ЗШС с использованием реальных расчетных параметров ЗШС, определенных в ходе экспериментальных исследований, устойчивость земляного полотна будет обеспечена даже с минимальными заложениями согласно СП 34.13330–2021. Поэтому при разработке проектно-сметной документации необходимо руководствоваться результатами экспериментальных исследований по определению физико-механических характеристик ЗШС.

Основные мероприятия по повышению местной устойчивости показывают, что на насыпях высотой до трех метров при заложении откоса 1:4,0 не требуется дополнительных мероприятий по повышению местной устойчивости (пригодно использование укрепления откоса растительным грунтом толщиной 15 см); при посеве материала: овсяница, кислица обыкновенная, чистец, пырей ползучий, горец птичий, клевер, горец вьюнковый. Травы для укрепления откосов из ЗШС

должны иметь крепкую корневую систему, которая глубоко проникает в почву и имеет разветвленную приповерхностную сеть с многочисленными корешками, образующими плотный дерн. К таким травам относится овсяница, горец птичий [12].

Таким образом, рекомендуемые конструкции согласно пункту 11.1.2 ОДМ 218.2.031–2013, на наш взгляд, подлежат коррекции. С целью повышения мероприятий по защите от переувлажнения материала на рисунке 1 представлена уточненная конструкция (на участках второго и первого типа местности по увлажнению использование стабилизированных ЗШС и песков в комплексе с гидроизоляцией не требуется).

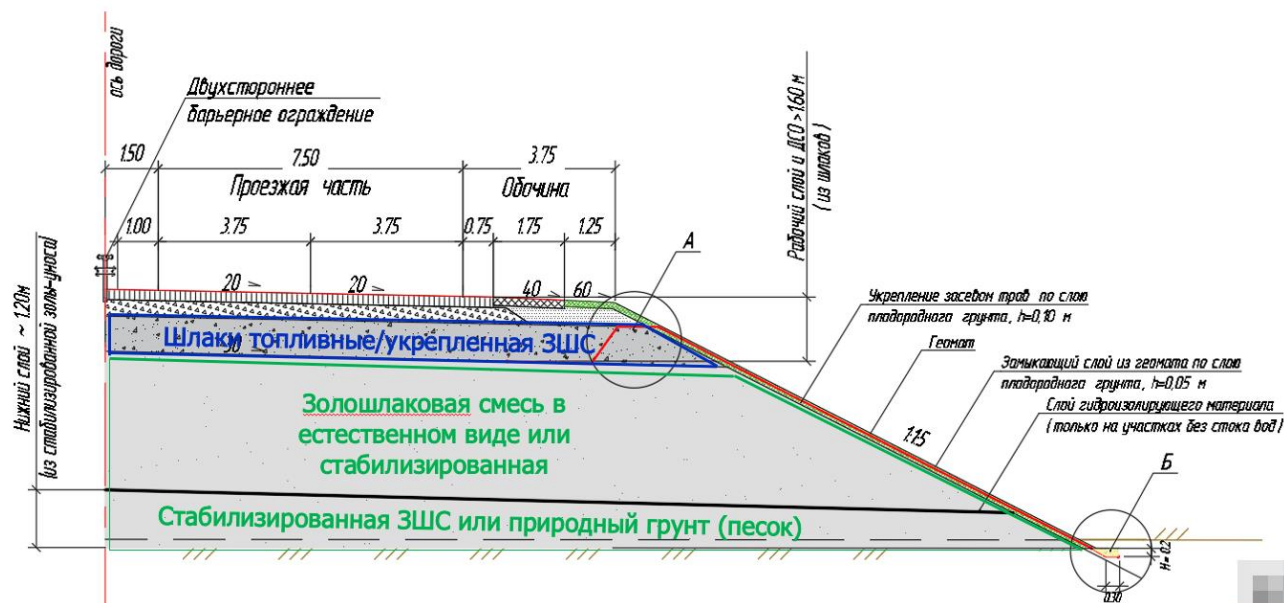


Рисунок 1 – Рекомендуемая схема поперечного профиля дорожной насыпи с применением ЗШС

Figure 1 – Recommended scheme of the transverse profile of the road embankment with the use of ASMs

В зависимости от характеристик ЗШС (физико-механических, химических и др.) также можно дать оценку несущей способности оснований, которая устанавливается по расчетной формуле модели предельного равновесия участка грунта под действием местного контактного давления. В случае плоской деформации применима для ориентировочной оценки несущей способности основания при нагружении распределенной нагрузкой (МПа) шириной В, расчетная формула, являющаяся приближением более сложной классической Прандтля – Рейснера:

$$q_{\text{пред}} = \left[ \frac{2c * \cos\left(\frac{\pi}{4}\right)}{\sin\left(\frac{\pi}{4}\right) - tg\varphi * \cos\left(\frac{\pi}{4}\right)} \right] * \left[ \left( \frac{2 + \pi}{2 \sin\left(\frac{\pi}{4}\right)} \right) + \left( \frac{1}{\sin\left(\frac{\pi}{4} - 0.5\varphi\right)} \right) \right].$$

Для расчета использовали минимальное количество данных (φ и с). Исходя из вышеуказанного диапазона их значений (φ = 22 ÷ 34; с = 0,005 ÷ 0,03 МПа) можно сказать, что несущая способность будет лежать в диапазоне от 10 до 100 т/м<sup>2</sup> (0,1 ÷ 1 МПа), что в большинстве случаев достаточно для подушек и оснований фундаментов.

В результате расчета по приведенной выше формуле можно сделать вывод, что для материала ЗШС Омских ТЭЦ несущая способность ЗШС, приведённых в таблице 2, будет равна 29, 22, 15 т/м<sup>2</sup> (0,15–0,29 МПа), что достаточно для подушек и оснований фундаментов.

Данный вывод находит своё подтверждение и в научном исследовании [13], где автор по результатам испытаний установил, что несущая способность всех опытных свай при погружении в ЗШС выравнивается и увеличивается в среднем на 65%, что сравнимо с показателями

природного грунта. Более того, сваи, забитые в массив ЗШС на отвале Омской ТЭЦ-4, показали более высокую несущую способность по сравнению с природным грунтом.

Однако при увеличении нагрузки на возводимые насыпи (движение большегрузов) несущая способность ЗШС является недостаточной. Деформации поверхностного слоя являются причиной образования глубокой колеи, что приводит к раннему разрушению покрытия. Согласно исследованиям, чтобы предотвратить образование колеи, удельное давление на грунт не должно превышать 0,1 МПа, что достижимо только при использовании автомобильного транспорта с нагрузкой на ось менее 2 тс и гусеничного. Этот фактор приводит к необходимости введения дополнительных мероприятий по увеличению контактной прочности поверхности, например, обработкой органическими и минеральными вяжущими, активной золой уноса, согласно нормативно-технической документации. Стоит обратить внимание, что структурная прочность насыпи из ЗШС как целого не вызывает опасения. Это гарантирует, что кратковременное пребывание тяжелого транспорта на насыпных сооружениях из ЗШС допустимо с последующим ремонтом (подсыпкой и планированием) поверхности.

С целью увеличения объемов применения ЗШО в строительной отрасли правительством Российской Федерации разработан комплексный план по утилизации ЗШО V класса опасности № 1557-р. Основным оценочным показателем эффективности использования материала является его себестоимость, особенно с учетом транспортных расходов. Показатель отдаленности золоотвала нивелирует экономическую выгоду его использования для потенциальных потребителей. На рисунке 2 представлена обоснованная величина эффективного радиуса экономически целесообразного транспортирования ЗШМ по оценкам национальной ассоциации развития вторичного использования сырья (АРВИС).

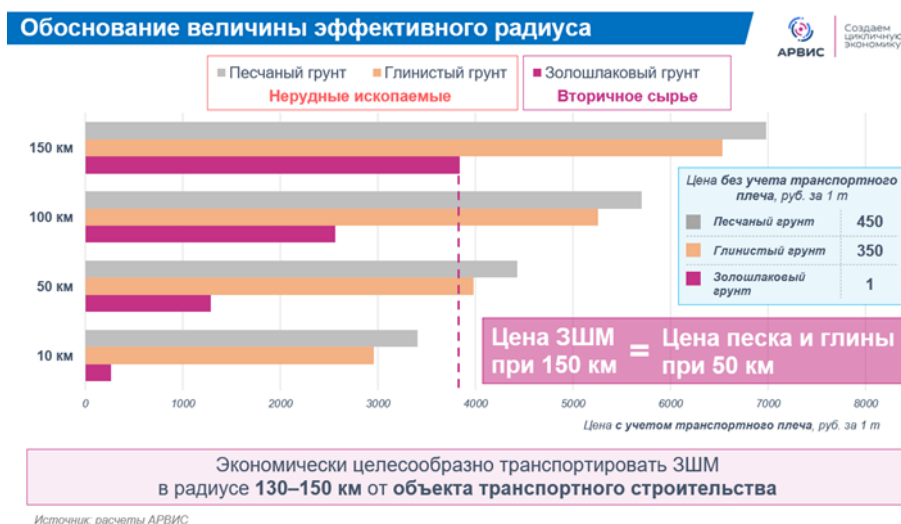


Рисунок 2 – Обоснование величины эффективного радиуса

Figure 2 – Justification of the effective radius

## Заключение

Стоит отметить:

- Широкое использование ЗШС для строительства дорожных насыпей экономически выгодно с учетом транспортного плеча. Нетрудно подсчитать, что на 1 км дорожной насыпи (с высотой 4 м, шириной поверху 12 м, откосами 1:1,5) можно использовать средний годовой выход ЗШО крупной теплоэлектростанции, соразмерной с Усть-Илимской ТЭЦ (около 80 тыс. м<sup>3</sup>).

- ЗШС по основным показателям относится к пригодным грунтам для сооружения земляного полотна автомобильных дорог в РФ, а в случае недостаточности несущей способности ЗШС применение в её составе органических и минеральных вяжущих, активной золы уноса, для стабилизации.

- Вовлечение применения ЗШО в хозяйственный сектор экономики страны является одним из качественных и экологических правильных решений.



Для использования ЗШС в верхней части насыпей земляного полотна могут потребоваться следующие мероприятия:

- устройство рабочего слоя, защищенного гидроизолирующими прослойками;
- стабилизация золошлаковой смеси низкими дозировками неорганического вяжущего (1,0–2,0%) в сочетании со стабилизирующим агентом;
- укрепление золошлаковой смеси дозировками неорганического вяжущего (4,0–6,0%).

Для насыпей из ЗШС высотой менее трех метров с откосами заложением 1:4 рекомендуется стандартное укрепление откосных частей в слое растительного грунта толщиной до 15 см.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов Е. В., Сиротюк В. В. Применение золошлаковой смеси тепловых электростанций для строительства земляного полотна автомобильных дорог, или как из двух минусов получить плюс // Автомобильные дороги. 2012. № 5(966). С. 62–65.
2. Анализ показателей балансов электрической энергии и мощности ЕЭС России за IV квартал 2018 года. [Электронный ресурс]. М.: ПАО «СО ЕЭС».
3. Иванов Е. В. Применение золошлаковых смесей тепловых электростанций для строительства земляного полотна автомобильных дорог [Электронный ресурс]: монография / Е.В. Иванов, В.В. Сиротюк. Омск: СибАДИ, 2016. 1 электрон. опт. диск (DVD-R). Загл. с этикетки диска. ISBN 978-5-93204-916-7.
4. Прогнозирование величины морозного пучения золошлаковых смесей для проектирования автомобильных дорог / А. А. Лунев, Д. А. Разуваев, В. В. Голубенко, М. Г. Чахлов // Вестник СибАДИ. 2020. Т. 17, № 5(75). С. 624–635. DOI 10.26518/2071-7296-2020-17-5-624-635. EDN IOSYVO.
5. Лунев А. А., Сиротюк В. В. Влияние влажности на несущую способность земляного полотна из золошлаковой смеси // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 12. С. 14–20. DOI 10.12737/article\_5a27cb7c7ac7.21989320. EDN VUEHFR.
6. Лунев А. А., Сиротюк В. В., Иванов Е. В. Результаты исследований деформационных характеристик золошлаковых смесей // Вестник СибАДИ. 2017. № 1(53). С. 103–110. EDN YLGFNF.
7. Лунев А. А., Сиротюк В. В. Применение золошлаковых смесей для вертикальных планировок и строительства городских дорог // Техника и технологии строительства. 2015. № 1(1). С. 24–31. EDN UNWAGD.
8. Звягинцев А. В., Лунев А. А., Кацарский Р. С., Шевченко Д. А. Исследование прочности зологрунтовых материалов, укрепленных известью // Вестник СибАДИ. 2021. Т. 18, № 3(79). С. 330–341. DOI 10.26518/2071-7296-2021-18-3-330-341. EDN TGUIWT.
9. Лунев А. А. Исследование механической прочности топливного шлака ТЭЦ // Вестник СибАДИ. 2019. Т. 16. № 6(70). С. 746–757. DOI 10.26518/2071-7296-2019-6-746-757. EDN PKPJKV.
10. Лунев А. А. Механическая прочность золошлакового щебня угольных тепловых электростанций // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15, № 7. С. 968–979. DOI 10.22227/1997-0935.2020.7.968-979. EDN CLQXDK.
11. Иванов Е. В., Исаков А. Л., Сиротюк В. В. Экспериментальное исследование и математическое моделирование промерзания земляного полотна из золошлаковой смеси // Вестник СибАДИ. 2013. № 3(31). С. 71–76. EDN QAMUDX.
12. Формирование травяного покрова на откосных частях насыпи из золошлаковой смеси / С. И. Булхаирова, В. В. Кузнецова, А. А. Лунев, В. В. Сиротюк // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Омск, 29–30 ноября 2018 года. Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2019. С. 21–223. EDN YVRXMT.
13. Лунев А. А., Сиротюк В. В., Иванов Е. В. Результаты определения несущей способности железобетонных свай в массиве из золошлаковой смеси // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 2. С. 85–89. DOI 10.12737/24470. EDN XTBMPT.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Лихоткина Мария Валерьевна – студент группы см-20maz4, магистрант.*

*Романов Антон Павлович – студент группы см-20maz4, магистрант.*

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Maria V. Likhotkina – master's student.*

*Anton P. Romanov – master's student.*