

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕТЕВОЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ



№ 2 (26) 2021

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 2 (26)

июнь 2021 г.

Дата опубликования: 21.06.2021.

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2021

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
Научно-практический сетевой электронный журнал. Издаётся с 2015 г., Выходит 4 раз в год

<http://ttc.sibadi.org/>
№ 2 (26)
дата выхода в свет 21.06.2021

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), Mittellbiberach, 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.

Пэриэнос Бэзил, доктора инженерных наук, пофессор Национального технического университета, г. Афины, Греция.

Щербаков 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), Mittellbiberach, 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 OMGU 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 Усачева Л.Р..

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

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

Публикация статей произведена с оригиналов, подготовленных авторами

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Мелентьев А.А. Использование предпусковых подогревателей двигателя автомобиля	4
Семенюк К. В. Совершенствование работы гарантийной службы дилерского центра автомобилей	9
Донченко В.В., Шумский А.Н. Анализ методов учета грузового транспорта в транспортном потоке с применением различных параметров	13

РАЗДЕЛ II ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Воробей Д.А., Ловыгина Н.В. Краткий обзор существующих конструкций трамбующих устройств для уплотнения грунтов	19
Крапивная С.А., Лазуткин И.А., Лунёв А.А., Кацарский Р.С. Исследование прочности золошлаковых и песчаных материалов, стабилизированных полимерными дисперсиями	25

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕПУСКОВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ

А.А. Мелентьев

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

Аннотация. В данной статье раскрываются основные проблемы, возникающие во время эксплуатации автомобилей при отрицательных температурах. По результатам проведенного анализа обосновывается идея о том, что использование такого устройства, как предпусковой подогреватель двигателя окажет положительное влияние на многие качества автомобиля. Также дается сравнение некоторых типов данных устройств. Рассматриваются следующие особенности предпусковых подогревателей двигателя: устройство, принцип работы, достоинства и недостатки.

Ключевые слова: холодный пуск двигателя, подогреватель, подготовка автомобилей к эксплуатации в зимний период.

USING STARTING PREHEATER FOR ENGINE CAR

A.A. Melentyev

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«The Siberian State Automobile and Highway University»,
Omsk, Russia*

Abstract. In this article main problems that arise during the operation of cars at low temperatures are revealed. Based on the results of the analysis the idea was justified. It consists in using a special device as a preheater for engine, which has a positive effect on many qualities of the car. A comparison of some types of device data is given. The following features of preheaters for engine are considered: construction, operating principle, advantages and disadvantages.

Keywords: cold start of the engine, heater, preparation of cars for winter operation.

Введение

Автомобиль появился уже более 200 лет назад. В современном мире он обрел широкое применение и теперь играет очень важную роль в жизни общества. В России грузоперевозки по тоннажу до 68% осуществляются с помощью автомобильного транспорта. Согласно отчетам Аналитического центра при Правительстве РФ [1] каждый день миллионы людей передвигаются на общественном транспорте, кроме того достаточно много людей перемещаются на личных автомобилях. Только в России продажи новых автомобилей за 11 месяцев 2020 г. составили 1,5 млн штук [2]. Автомобиль в жизни общества выполняет очень ответственные задачи. Поэтому он должен быть исправным, удобным, экономичным и безопасным. Также ему необходимо соответствовать климатическим условиям, в которых он эксплуатируется. Так, в умеренных и холодных уголках страны к автомобилям предъявляются более жесткие требования: они должны запускаться в сильный мороз, быстро разогревать двигатель, обеспечивать прозрачность стекол (устранение обледенения). Данные проблемы может устранить использование предпускового подогревателя автомобиля.

Назначение предпускового подогревателя

Затрудненный пуск двигателя в зимнее время обуславливается ухудшением смесеобразования из-за меньшей испаряемости топлива, ухудшением показателей аккумуляторной батареи и увеличением момента сопротивления, препятствующего вращению коленчатого вала [3]. Предпусковой подогреватель не только облегчает пуск двигателя, но и выполняет еще ряд функций. Данное устройство снижает износ двигателя и предохраняет от проворачивания вкладышей коренных

шеек коленчатого вала, обрыва юбки поршня, от заклинивания распределительного вала в подшипниках. Данные неисправности возникают в результате недостаточной смазки деталей двигателя из-за того, что густое, неразогретое масло не успевает поступить к узлам трения [4]. Как известно, на долю пусковых износов приходится примерно от 10 до 60% эксплуатационного износа [5]. А на долю пусковых износов подшипников приходится от 7 до 15% от общего износа [6]. Использование предпускового подогревателя повысит экологичность и экономичность автомобиля. Уменьшение времени работы двигателя на прогрев снижает расход топлива на простое и количество отработавших газов. Некоторые модели предпусковых подогревателей благодаря обогреву салона и стекол повышают комфорт в автомобиле.

Устройство электрического предпускового подогревателя

Первый предпусковой подогреватель двигателя внутреннего сгорания (ДВС) изобрел американский инженер Э.Л. Фримэн в 1941 г. Суть его разработки заключалась в следующем: в блок цилиндров был интегрирован нагревательный элемент, который питался от электрического тока и разогревал охлаждающую жидкость [7].

Сегодня существует огромное количество различных конструкций предпусковых подогревателей. Среди них можно выделить два основных типа. Это автономные жидкостные подогреватели и неавтономные электрические подогреватели. Жидкостные подогреватели работают от энергии сгорающего топлива. Электрические – от энергии бытовой электрической сети [8].

Типовая схема установки электрического предпускового подогревателя приведена на рисунке 1.

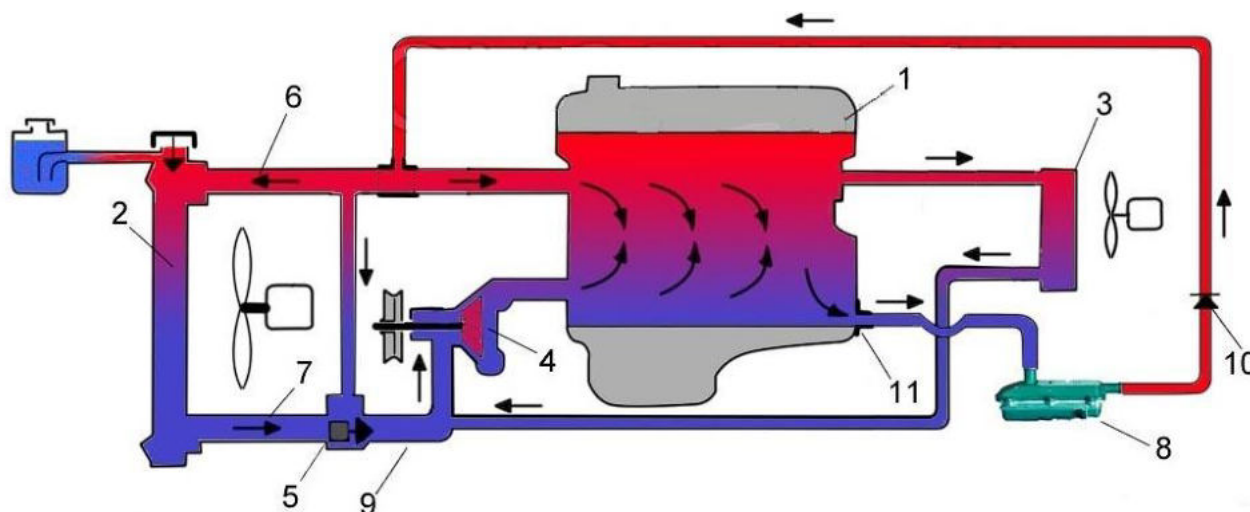


Рисунок 1 – Параллельная схема установки электрического предпускового подогревателя:
1 – двигатель; 2 – радиатор; 3 – радиатор отопителя; 4 – помпа; 5 – термостат;
6 – верхний патрубок; 7 – нижний патрубок; 8 – подогреватель; 9 – тройник; 10 – клапан;
11 – сливная пробка [9]

Подогреватель 8 устанавливается в нижней части системы. Он нагревает охлаждающую жидкость, которая начинает циркулировать и перемешиваться с более холодными слоями жидкости. Таким образом постепенно нагреется вся жидкость системы охлаждения до необходимой температуры. В некоторых системах дополнительно применяется помпа, которая заставляет циркулировать охлаждающую жидкость. В данном случае подогреватель может быть установлен в любом месте системы охлаждения, где позволяет конструкция автомобиля [9].

Для того чтобы двигатель не перегрелся, обычно устанавливают реле, которое отключает подогреватель при определенной температуре охлаждающей жидкости.

Дешевизна и компактность являются основными достоинствами электрических предпусковых подогревателей ДВС. Главный недостаток заключается в том, что для работы подогревателя необходима электрическая энергия извне (т.е. бытовая электрическая сеть, как правило, 220 В).

Также существуют электрические предпусковые подогреватели двигателей, которые нагревают не охлаждающую жидкость, а моторное масло автомобиля. Данные типы подогревателей нацелены на избежание поломок двигателя при их запуске в холодных условиях. Неисправности автомобиля в момент холодного пуска возникают в результате того, что масло теряет свои свойства при низких температурах и не успевает поступить к трущимся деталям.

Электрические подогреватели моторного масла могут быть различных конструкций. Например, подогреватели с нагревательным элементом – пластиной – снаружи картера, питание происходит от бытовой электросети 220В. Пластина под действием электрического тока нагревается и отдает тепло картеру, через который нагревается масло. Существуют подогреватели с гибким нагревательным элементом, электрощупы, которые на время подогрева двигателя вставляют вместо щупа для замера масла. Есть такая группа подогревателей, в которых нагревательный элемент интегрирован в сливную пробку, которая вворачивается в поддон двигателя вместо штатной. В описанных последних двух типах подогревателей используется питание от аккумуляторной батареи [10]. Существует разработка электрического подогревателя, регулирующего температуру нагрева масла.

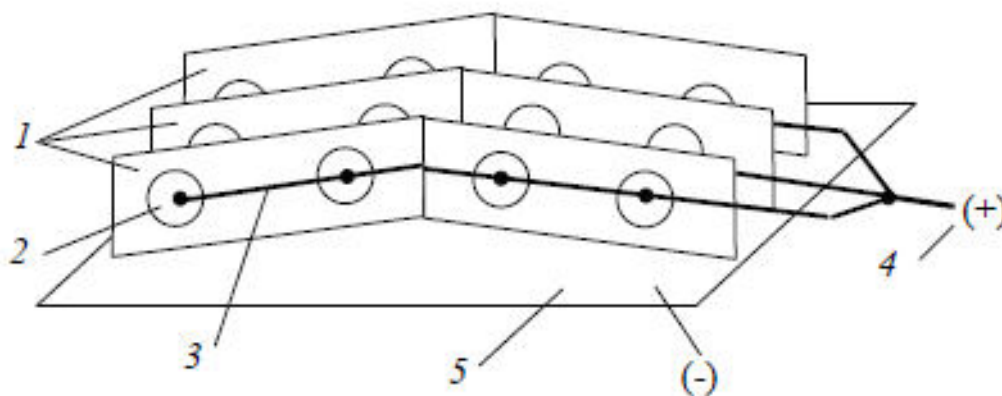


Рисунок 2 – Электрический саморегулирующийся подогреватель:
1 – радиатор с вертикальными пластинами; 2 – позисторы; 3 – токоведущий провод;
4 – плюсовая клемма аккумулятора; 5 – минусовая пластина

Данное устройство устанавливается внутри картера двигателя, рядом с маслоприемником. Нагревательным элементом здесь являются позисторы, они же регулируют температуру нагрева (рисунок 2) [11].

Основным преимуществом электроподогревателей масла являются их простота конструкции, дешевизна и легкая установка. Недостатком же является то, что данные устройства осуществляют лишь подогрев масла, то есть нагрев самого двигателя, охлаждающей жидкости и прогрев салона возможно произвести только с запуском автомобиля.

Устройство жидкостного предпускового подогревателя

Основные элементы жидкостного подогревателя – это теплообменник, камера сгорания, жидкостный насос и топливный насос (рисунок 3) [12]. Топливо с помощью насоса из основного бензобака автомобиля попадает в камеру сгорания, туда же проникает воздух за счет нагнетателя. Там горючая смесь воспламеняется от штифта накаливания, а продукты горения выдувает электровентилятор в атмосферу. Таким образом температура теплообменника увеличивается, затем тепло получает охлаждающая жидкость, которая нагреваясь, перемещается посредством жидкостного насоса в систему охлаждения ДВС автомобиля. А вместо нагретой охлаждающей жидкости в нагреватель закачивается холодная, которая также станет горячей и попадет в основную систему охлаждения ДВС, и это будет происходить, пока температура ДВС не достигнет нужной температуры.

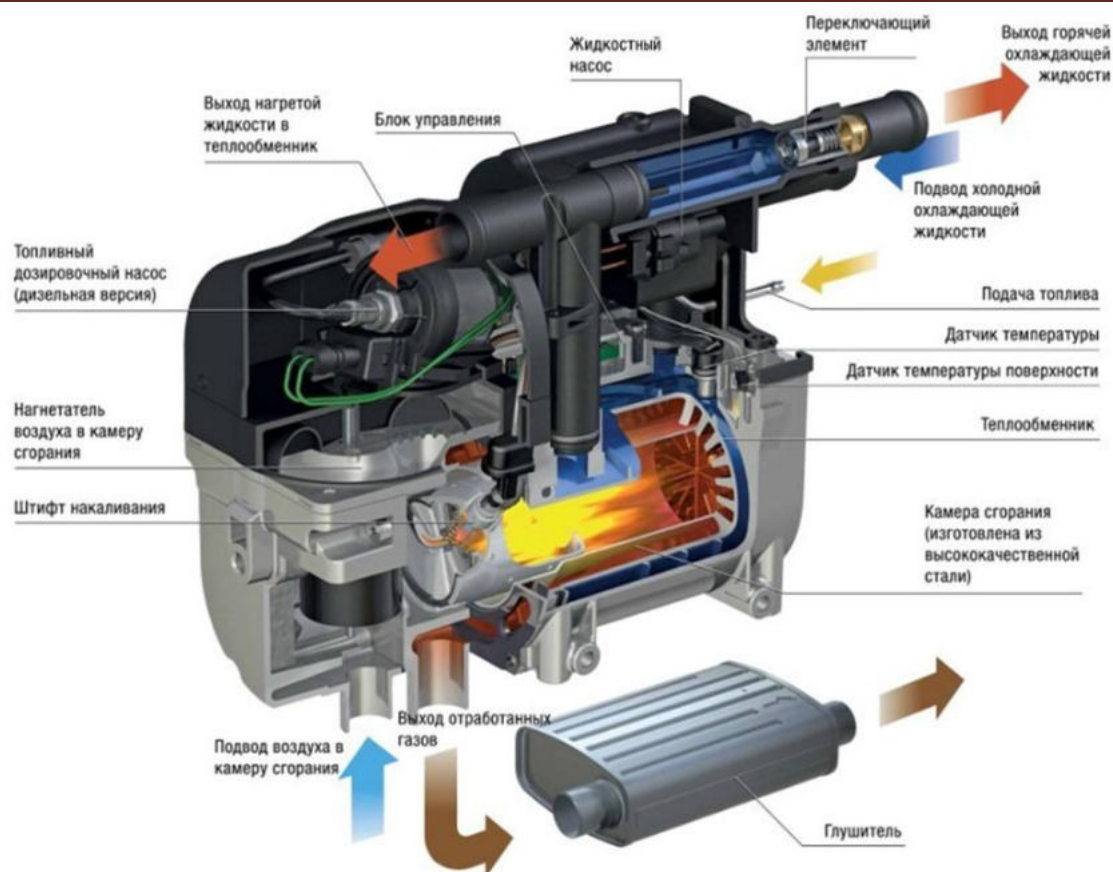


Рисунок 3 – Автономный жидкостный предпусковой подогреватель [12]

Автономный подогреватель ДВС управляется собственным блоком управления, который подключен к блоку управления автомобиля. Электронный блок управления руководит процессами, происходящими в жидкостном подогревателе, а также контролирует его работу, делая её полезной и безопасной.

Можно выделить следующие достоинства данного вида предпускового подогревателя ДВС. Они заключаются в независимости от внешних источников питания, возможности прогрева салона и лобового стекла, возможности дистанционного управления. Однако жидкостный подогреватель не лишен ряда недостатков: высокая стоимость, большие габариты и риск разрядки аккумуляторной батареи в процессе работы подогревателя.

Заключение.

Проблема подготовки автомобилей к эксплуатации в зимний период является весьма актуальной. Практически все водители в холодное время года сталкиваются с затрудненным пуском двигателя автомобиля. Длинная зима и суровые климатические условия во многих регионах России обостряют эту проблему. С указанными трудностями может справиться предпусковой подогреватель двигателя. Он не только облегчает пуск двигателя при низких температурах, но и увеличивает срок службы автомобиля, повышает его экономичность и экологичность. Такие недостатки жидкостных подогревателей, как высокая стоимость и риск разрядки аккумуляторной батареи обуславливают актуальность проведения исследований по их совершенствованию.

Библиографический список

1. Комсомольская правда [Электронный ресурс] URL: <https://www.kp.ru/guide/mezhdunarodnye-gruzoperevozki.html> (дата обращения: 25.03.21).
2. Российская газета [Электронный ресурс] URL: <https://rg.ru/2020/12/28/bole-86-prodannyh-s-nachala-goda-avtomobilej-rossijskogo-proizvodstva.html> (дата обращения: 25.03.21).
3. Ванюшин С.Б., Сидоров В.Н., Пономарев А.И. Анализ главных качеств предпусковых жидкостных подогревателей // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5 –10. С. 168 –170.

4. Шуруев А.В. Предпусковой подогрев как средство для экономичной и безопасной эксплуатации двигателей внутреннего сгорания в холодный период года // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 5. С. 78–80.
5. Калимуллин Р.Ф. Эффективность предпускового подогрева автомобильного двигателя // Вестник СибАДИ. 2015. №1(41). С. 11–13.
6. Казаков А.В., Калимуллин Р.Ф. Предпусковой нагрев смазочной системы автомобильного двигателя // Вестник ОГУ. 2013. №12(161). С.219-225.
7. Автомобильные статьи и полезная информация [Электронный ресурс] URL:<https://130.com.ua/engine-heater-types/> / (дата обращения: 25.03.21).
8. Найман В. С. Все о предпусковых подогревателях и отопителях. – М.: Изд-во «За рулем», 2007. – 252 с.
9. Автомобильный интернет-журнал AutoClub.su: всё об эксплуатации, ремонте и тюнинге вашей машины [Электронный ресурс] URL: <https://autoclub.su/ustanovka-podogrevatelya-dvigatelya-220v/> / (дата обращения: 25.03.21).
10. Все об автомобилях, мотоциклах и велосипедах [Электронный ресурс] URL: <https://autobann.su/kak-podogret-maslo-v-dvigatele.html> (дата обращения: 18.04.21).
11. Калинин В.Ф., Шувалов А.М., Кочергин С.В. Математическая модель процесса подогрева моторного масла в двигателе внутреннего сгорания саморегулируемым электронагревательным устройством // Вестник ТГТУ. 2002. Т. 8. №4. С. 623–628.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мелентьев Александр Андреевич – студент кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: sashuta-melentev@mail.ru)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Melentyev Alexandr Andreevich – student, department Cars, construction materials and technologies of The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation e-mail: sashuta-melentev@mail.ru)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ГАРАНТИЙНОЙ СЛУЖБЫ ДИЛЕРСКОГО ЦЕНТРА АВТОМОБИЛЕЙ

К. В. Семенюк

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»,
г. Омск, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с гарантийным ремонтом автомобилей. Определены проблемы гарантийной службы, приводящие к снижению лояльности клиентов в дилерских центрах. Предложены решения, направленные на совершенствование работы гарантийной службы для увеличения эффективности гарантийного ремонта.

Ключевые слова: гарантийная служба, дилерский центр, автомобиль, гарантийный ремонт, инженер по гарантии, лояльность клиентов.

IMPROVEMENT OF THE WORKS OF THE WARRANTY SERVICE FOR THE REPAIR OF VEHICLES

K.V. Semenyuk

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«The Siberian State Automobile and Highway University», Omsk, Russia

Abstract. The article deals with issues related to the warranty repair of cars. The problems of the warranty service, leading to a decrease in customer loyalty in dealerships, have been identified. The solutions aimed at improving the work of the warranty service to increase the efficiency of warranty repairs are proposed.

Keywords: warranty service, dealership, car, warranty repair, warranty engineer, customer loyalty.

Введение

Бурное развитие автомобильного производства во всем мире приводит к росту спроса на услуги автосервиса и развитию сети дилерских центров, специализирующихся на продаже автомобилей, техническом обслуживании, ремонте, включая гарантийный ремонт [1].

Основным фактором, оказывающим влияние на развитие автосервиса, является рост мирового автомобильного парка как новых, так и автомобилей с пробегом.

Современные дилерские центры согласно стандартам ведущих мировых автопроизводителей должны оказывать широкий спектр высококачественных услуг [2]. Блок-схема перечня услуг представлена на рисунке 1.

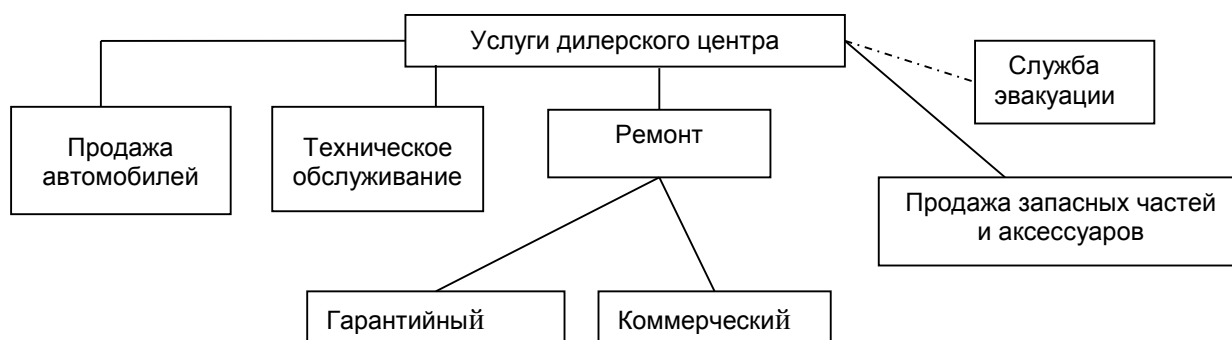


Рисунок 1 – Перечень услуг дилерского центра

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

На примере дилерского центра «АНТИКОР СЕРВИС», который на сегодняшний день специализируется на продаже, техническом обслуживании и ремонте китайских автомобилей марок Haval, Lifan, Geely, Hower, Foton, Jас и CFMOTO рассмотрим историю развития и выявление основных проблем, связанных с гарантийным ремонтом. За последние 30 лет станция технического обслуживания (с 1990 г.) становится официальным дилером автомобильных брендов Geely и Lifan (с 2008 г.). К 2019 г. дилерский центр «АНТИКОР СЕРВИС» специализируется на продаже, техническом обслуживании и ремонте китайских автомобилей марок Haval, Lifan, Geely, Hower, Foton, Jас и CFMOTO и является одним из ведущих дилерских центров г. Омска, что характеризуется количеством проданных автомобилей.

Однако одним из важнейших и принципиальных вопросов в сфере услуг дилерского центра становится гарантийный ремонт. При начале эксплуатации автомобиля осуществляется проработка рабочих деталей и, как следствие, проявление дефектов [3], в том числе допущенных при изготовлении деталей автомобиля и его сборки. Устранение таких неисправностей осуществляется в ходе гарантийного ремонта. Основной задачей гарантийной службы дилерского центра является определение отношения ремонта к гарантийному или коммерческому.

По данным аналитического агентства АВТОСТАТ, в Российской Федерации на сегодняшний день насчитывается более 50 тыс. автомобильных сервисных станций, из них более 5 тыс. – официальные дилеры, независимые СТО составляют более 16 тыс., остальные приходятся на узкоспециализированные СТО (около 30 тыс.). Одной из проблем дилерских центров является увеличение заявок на проведение гарантийного ремонта. Это ведет к перегрузке гарантийной службы дилерских центров, что увеличивает время принятия решения по ремонту и, как следствие, к недовольству клиентов. Формирование лояльности клиентской базы дилерского центра становится приоритетной задачей при реализации автомобильных услуг. Исходя из выше сказанного, рассмотрим подробно работу гарантийной службы и предложим пути решения по увеличению ее эффективности на примере дилерского центра «АНТИКОР СЕРВИС».

Основная часть

На основе статистических данных, полученных в сервисной службе дилерского центра «АНТИКОР СЕРВИС» и при обзоре современных литературных источников [1, 2, 3, 4], были выявлены основные факторы, влияющие на изменение технического состояния автомобилей, которые представлены на рисунке 2.

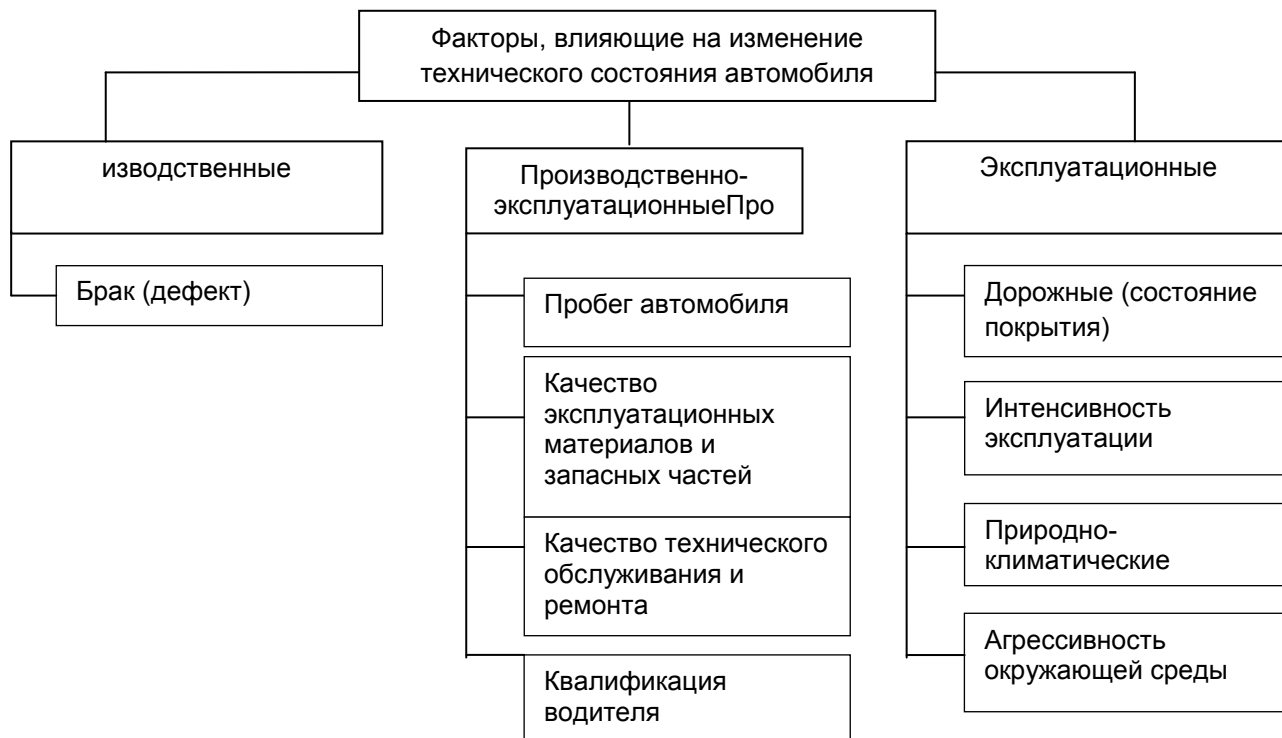


Рисунок 2 – Основные факторы, влияющие на изменение технического состояния автомобиля

При приеме автомобиля на техническое обслуживание осуществляется прямая приемка, где мастер-приемщик вместе с клиентом проводит осмотр автомобиля. При ремонте прямую приемку проводит инженер по гарантии, также инженер по гарантии участвует в проведении диагностики для определения, относится ли ремонт к гарантийному или коммерческому, все это препятствует своевременному выполнению работ инженером по гарантии с документацией (оформление заказа-наряда, предварительной заявки и акта передачи транспортного средства, согласия на обработку персональных данных и акта выполненных работ). В связи с этим появляется необходимость высококвалифицированного, конкурентоспособного персонала, владеющего необходимыми компетенциями. Для этого необходимо проведение периодического обучения, в том числе в виде повышения квалификации и соответствующей аттестации. Такая организация работы в гарантийной службе может повлечь за собой наказание от дистрибьютора вплоть до отказа оплаты ремонта по гарантии для дилерского центра, а высокие требования к квалификации инженера по гарантии влекут за собой дополнительные затраты на повышение квалификации и соответствующей аттестации, снижая прибыль дилерского центра.

На наш взгляд, для эффективной работы гарантийной службы необходимо осуществлять прямую приемку транспортного средства на ремонт мастером-приемщиком, а инженера по гарантии вовлекать в работу на этапе завершения и подведения результатов диагностики автомобиля. Зачастую в процессе диагностики возникают вопросы по выявлению неисправности автомобиля, при этом инженер по гарантии является передаточным звеном между диагностом и специалистом со стороны дистрибьютора, что может повлечь за собой неточность передачи информации, увеличивая время на выявление неисправности. Для решения этой проблемы предлагается прямая связь диагноста сервисной службы дилерского центра и специалиста со стороны дистрибьютора.

Развитие современных дилерских центров предполагает помимо новых технологий, методов ремонта и высококвалифицированного персонала [5, 6] также обратную связь завода-изготовителя с потребителями, прямые и обратные связи между всеми звеньями цепи. Блок-схема взаимосвязи «завод изготовитель – дистрибьютор – дилерский центр – потребитель автомобиля» представлена на рисунке 3.

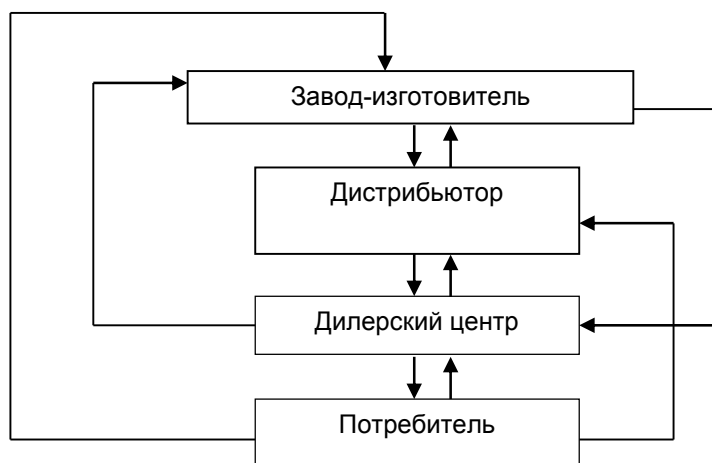


Рисунок 3 – Блок-схема взаимосвязи «завод изготовитель – дистрибьютор – дилерский центр – потребитель автомобиля»

На сегодняшний день существует только прямая связь «завод-изготовитель – дистрибьютор – дилерский центр – потребитель». Несмотря на новейшее технологическое оборудование, используемое при ремонте, отсутствие обратной связи приводит к невозможности оперативного решения проблем с гарантийной заменой определенного ряда деталей, что приводит к увеличению ожидания срока ремонта автомобиля, снижая лояльность клиента к дилерскому центру. Обратная связь на каждом этапе позволит не только оперативно решать многие вопросы гарантийной службы, но и возможность обеспечить более качественный ремонт, а также возможность повышения квалификации специалистов сервисной службы и сотрудников управленческого аппарата дилерского центра на заводе-изготовителе.

Заключение

Проведя исследование работы гарантийной службы на примере дилерского центра «АНТИКОР СЕРВИС» установлено, что инженеры по гарантии имеют недопустимо высокую загруженность. Действующий технологический процесс работы гарантийной службы может привести к снижению

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

прибыли. Нами предложен один из вариантов решения данной проблемы, который позволит снизить время обработки гарантийной заявки и снизить загруженность инженеров по гарантии.

Также предложена блок-схема взаимосвязи «завод изготовитель – дистрибьютор – дилерский центр – потребитель автомобиля». Реализация работы согласно данной блок-схемы позволит повысить лояльность клиентов к дилерскому центру.

Научный руководитель
канд. техн. наук, доц. Банкет М.В.

Библиографический список

1. Омелянюк Д.Т., Семькина А.С., Загородний Н.А. Развитие регионального автосервиса // Автомобильная промышленность. 2020. № 1. С. 26–29.
2. Неретина Т.Г. Организация сервисной деятельности. Москва : ФЛИНТА, 2019. – 102 с.– Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83392> (дата обращения: 03.04.2021).
3. Семькина А.С., Голубева А.В., Загородний Н.А. Определение технического состояния ходовой части легковых автомобилей // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. 2019. № 2. С. 75–82.
4. Дьяков И.Ф. Оценка эксплуатационной технологичности транспортного средства // Автомобильная промышленность. 2020. №3. С. 27–31.
5. Иванов И.Д., Семенюк К.В., Чебоксаров А.Н. Метод повышения качества работ по ТО и ремонту автомобилей совершенствованием системы управления персоналом // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. 2019. С. 146–148.
6. Семенюк К.В., Иванов И.Д. К вопросу обеспечения контроля выполняемых услуг на предприятиях автомобильного сервиса // Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных. 2018. С. 134–136.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Семенюк Кирилл Вячеславович – студент ФГБОУ ВО «СибАДИ», гр.АТб-17А1 (644080, г. Омск, пр. Мира, 5)

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kirill V. Semenyuk – student of the ATb-17A1 group, the Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, Russia, Mira Ave., 5).

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УЧЕТА ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА В ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ

В.В. Донченко, А.Н. Шумский

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта (НИИАТ)»,
г. Москва, Россия

Аннотация. Статья посвящена анализу основных методов, используемых для учета влияния грузового автотранспорта, применяемых в отечественной и зарубежной практике. Выполнен обзор основных математических моделей, лежащих в основе рассмотренных методов. Произведена классификация данных методов с учетом параметров, оказывающих влияние на результирующие показатели, предложено возможное применение разработанной классификации. Определены пути дальнейшего развития рассматриваемой темы исследования.

Ключевые слова: грузовой транспорт, транспортная стратегия, транспортно-логистические комплексы, регулируемые участки, эффективность движения.

ANALYSIS OF METHODS FOR ACCOUNTING FREIGHT TRANSPORT IN TRANSPORT FLOW USING DIFFERENT PARAMETERS

V.V. Donchenko, A.N. Shumskiy

Open Joint Stock Company "Research Institute of Auto-Mobile Transport (NIAT)"

13

Abstract. The article is devoted to the analysis of the main methods used to take into account the influence of trucks used in domestic and foreign practice. The review of the main mathematical models underlying the considered methods is carried out. The classification of the considered methods is carried out, taking into account the parameters that influence the resulting indicators, a possible application of the developed classification is proposed. The ways of further development of the considered research topic are determined.

Keywords: freight transport, transport strategy, transport and logistics complexes, regulated areas, traffic efficiency.

Введение

Согласно основным задачам, отраженным в «Транспортной стратегии до 2030 г.» [1], в Российской Федерации на период с 2016–2030 гг. будет происходить активное развитие транспортно-логистического комплекса (ТЛК), которое подразумевает под собой строительство новых логистических центров и, соответственно, развитие транспортно-логистической инфраструктуры, в том числе и в Центральном федеральном округе, к которому относится г. Москва.

В результате анализа количества перевезенных грузов различными видами транспорта за 2010–2019 гг., представленных на официальном сайте Федеральной службы государственной статистики, на перевозки автомобильным транспортом приходится более 65% перемещений от общего количества (рисунок 1). В 2010 г. объем перевезенных грузов составил 7 750 млн т, автомобильным транспортом было перевезено 67,5% (5 236 млн т) от общего количества, на наиболее грузоподъемный вид транспорта – железнодорожный – пришлось 16,9% (1 312 млн т), что почти в 4 раза ниже от объема перевезенного груза автомобильным транспортом. Уже в 2019 г. общий объем перевезенного груза увеличился почти на 9% и составил 8 421 млн т, на автомобильные перевозки объем грузов составил 68,1% (5 735 млн т), на железнодорожный – 16,6% (1 399 млн т). По представленным данным можно сделать вывод о том, что привлекательность перевозок автомобильным транспортом остается на первом месте, что свидетельствует о необходимости разработки новых подходов к повышению эффективности движения с точки зрения логистического аспекта.

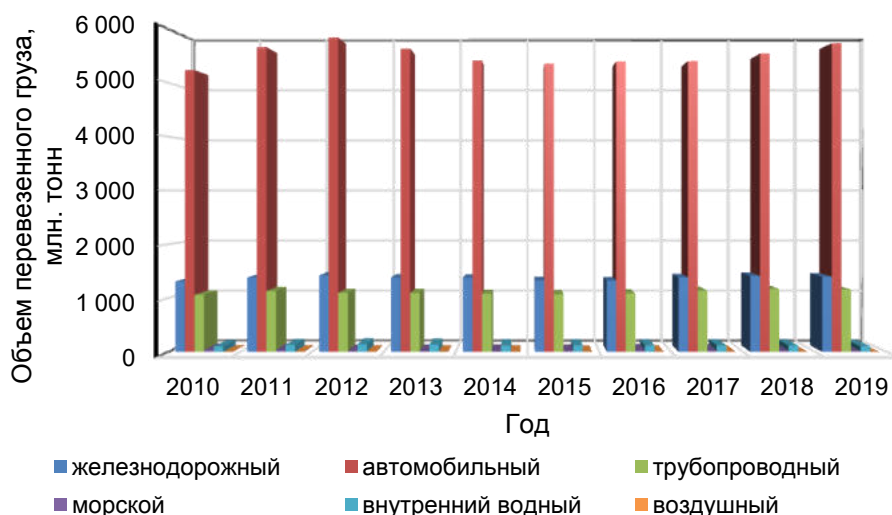


Рисунок 1 – Гистограмма распределения перевезенных грузов различными видами транспорта за 2010–2019 гг.

Активное развитие транспортно-логистического комплекса, которое будет реализовываться до 2030 г., приведет к увеличению такого показателя, как количество перевезенных грузов и повысит показатель, приходящийся на долю автомобильного транспорта, а именно грузового. Эти изменения окажут влияние на пропускную способность многих дорог, особенно на подъездах к логистическим центрам, которые сегодня довольно густо распределены на территории Московской области, в связи с этим уже сегодня возникает необходимость совершенствования методов учета влияния грузового автотранспорта. С целью решения данной задачи в рамках настоящего исследования выполнен анализ методов учета грузового транспорта в общем транспортном потоке, при выполнении процедуры его анализа и приведения к единому эквивалентному автомобилю.

Материалы и методы

Выполненный анализ существующих зарубежных и отечественных методов показал, что в основном все исследования сводятся к определению значения коэффициента приведения к легковому автомобилю. Существует большое количество методов учета грузового транспорта в общем транспортном потоке по средствам определения коэффициентов приведения, которые основаны на учете величины задержки, средней скорости движения, процентного состава грузового автотранспорта, длине очереди и общем количестве транспортных средств. С целью последующей классификации определенных методов выполнен анализ основных из них.

В основе первого рассмотренного метода, именуемого как метод, основанный на движении, лежит утверждение, что грузовой автотранспорт оказывает физическое воздействие на находящиеся поблизости транспортные средства и психологическое воздействие на водителей этих транспортных средств. Данное предположение впервые было высказано Р.А. Краммесом [2]. В своем исследовании он предположил, что проблемы, связанные с движением грузового автотранспорта, такие как аэродинамические показатели, брызги, блокировка знаков и пр. могут способствовать снижению пропускной способности из-за их влияния на то, как находящиеся поблизости транспортные средства используют проезжую часть и располагаются на ней, поэтому данный метод и был именован как метод, основанный на движении. В результате выполненных исследований значение эквивалентного легкового автомобиля (Passenger Car Equivalent (PCE)) – коэффициента приведения к легковому автомобилю для смешанного потока – предлагается определять с использованием уравнения (1):

$$PCE = [(1 - p)(h'_{MPT} + h'_{MTP} - h'_{MPP}) + ph'_{MTT}]/h'_{MPP}, \quad (1)$$

где p – доля грузового автотранспорта; (h'_M) – средний интервал времени в секундах при данной скорости потока для смешанного потока; P – легковой автомобиль; T – грузовой автомобиль.

В результате выполненных изысканий Р.А. Краммером получены значения принимаемого эквивалента легкового автомобиля для двух участков движения, на которых были выполнены экспериментальные исследования в зависимости от уровня обслуживания, характеризующего тип движения.

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Следующий методом, который был разработан в университете Флориды и подробно описан в руководстве по оценке пропускной способности HCM 2010 [3] и именуется как метод, основанный на задержке. В первоисточнике [2] и последующем исследовании данного метода [4] для количественной оценки влияния грузовых автомобилей на транспортный поток предлагается аналитическая модель для расчета коэффициента приведения путем сравнения ожидаемых значений задержки, вызванной грузовиком и легковым автомобилем (рисунок 2).

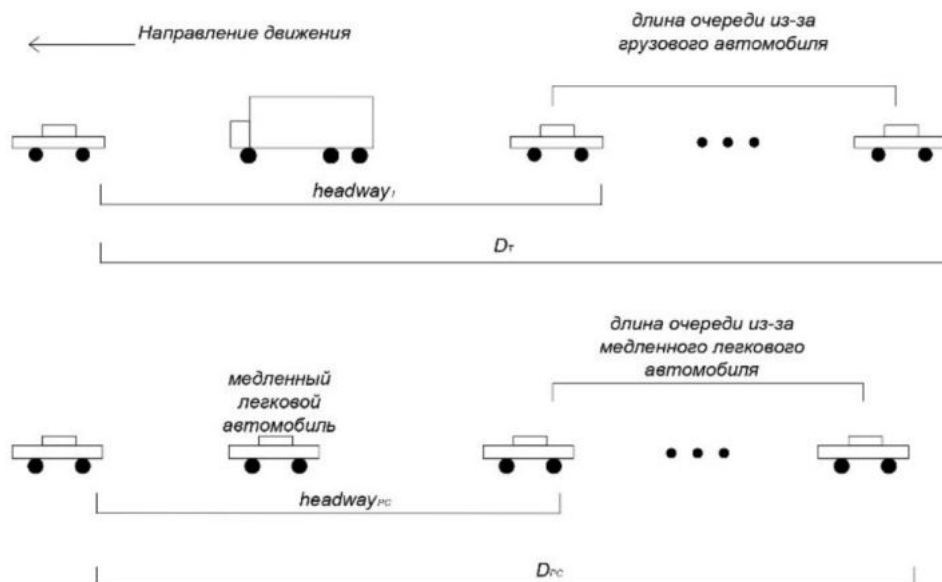


Рисунок 2 – Модель движения при расчете коэффициента приведения с использованием метода, основанного на величине задержки

15

Ожидаемое значение протяженности движения, на которое влияют медленно движущиеся транспортные средства, принимается за измерение задержки. Значение PCE математически выражается уравнением (2):

$$PCE = \frac{D_T}{D_{PC}} = \frac{queue_T + headway_T}{queue_{PC} + headway_{PC}}, \quad (2)$$

где D_T – ожидаемая величина задержки, вызванной грузовиком; D_{PC} – ожидаемая величина задержки, вызванной одним медленным легковым автомобилем с той же скоростью, что и медленный грузовик; $headway_T$ – это пространство между легковым автомобилем перед грузовиком и следующим за ним; $headway_{PC}$ – это пространство между легкой машиной перед медленной легкой машиной и следующей сразу за ней; $queue_T$ – длина очереди из-за грузовика; $queue_{PC}$ – длина очереди из-за медленного легкового автомобиля.

Анализ отечественных источников [5, 6] позволил определить основные методы расчета коэффициента приведения, используемые для учета влияния грузового автотранспорта. Следует отметить, что все рассмотренные в рамках данного исследования методы относятся исключительно к регулируемым участкам. Согласно исследованию Ю.А. Врубеля коэффициенты приведения различных типов транспортных средств называются коэффициентами по потоку насыщения и определяются с использованием уравнения (3):

$$k_{ni} = k_{pri} = \frac{T_{ni}}{T_{nl}}, \quad (3)$$

где T_{ni} – установившийся интервал убытия автомобилей вида i , с; T_{nl} – тоже для очереди автомобилей, состоящей только из легковых, с.

В зависимости от полученного времени разезда грузового и легкового автомобиля с одинакового участка предлагается определять значение коэффициента приведения.

НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

В методе, предложенном А.Ю. Михайловым и А.Г. Левашевым исходя из целей минимизации затрат на обследование, для определения $k_{пр}$ используется уравнение (4):

$$T = \alpha + \sum_{j=1}^{j=m} (\beta_j | j \cdot X_j) + \varepsilon, \quad (4)$$

где T – время, необходимое для разъезда очереди автомобилей на перекрёстке после включения зеленого сигнала светофора, с; α – величина задержки (стартовая задержка), связанная с разгоном автомобиля до скорости, которая преобладает при насыщении, с; β_j – параметры регрессионной модели, выражающие величины временных интервалов автомобилей типа j , с; X_j – количество автомобилей типа j в очереди; ε – ошибка, отражающая дополнительное время, вызванное факторами, не учтенными в модели (в том числе стартовую задержку).

Число уравнений в регрессионном анализе соответствует числу обследованных очередей (циклов регулирования). Каждое уравнение, участвующее в регрессии, содержит исходные данные по времени, затраченному очередью на проезд перекрестка и количеству автомобилей каждого типа в очереди.

В рассматриваемую очередь включаются автомобили, которые в течение красного сигнала светофора имели полную или почти полную остановку.

Коэффициент приведения грузового автомобиля к легковому в данном случае определяется с использованием уравнения (5):

$$k_{прi} = \frac{\beta_i}{\beta_{ЛЛ}}, \quad (5)$$

где β_i – временной интервал прохождения i -го автомобиля, с.

Результаты

По итогу выполненного анализа разработана классификация полученных результатов с указанием основных параметров и математических моделей расчета (рисунок 3).

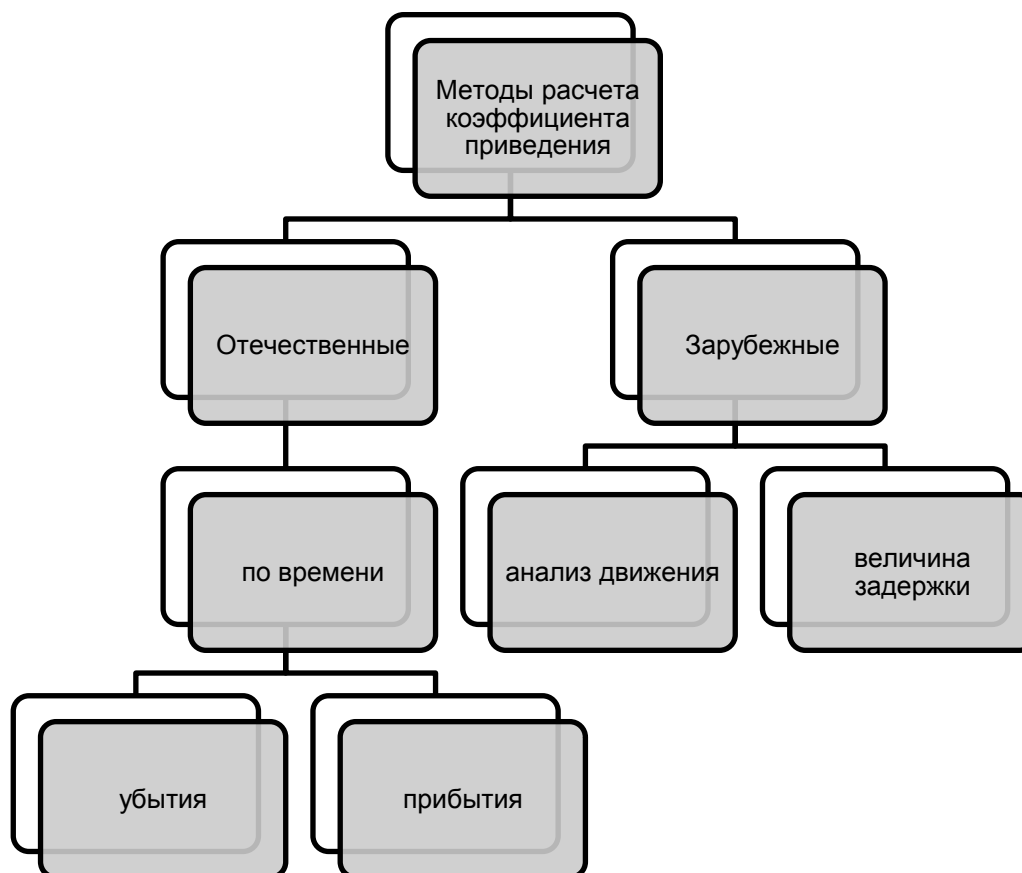


Рисунок 3 – Классификация методов учета влияния грузового автотранспорта

В результате выполненного анализа авторами было установлено, что при выполнении расчетов по приведению транспортного потока к единому эквивалентному легковому автомобилю, в частности при приведении грузовых автомобилей, возможно использование различных методов (см. рисунок 3). В свою очередь использование различных методов может привести к отличным результатам, что в итоге окажет влияние на проведение дальнейших расчетов и анализ состава транспортного потока [6].

Обсуждение

С учетом полученных знаний разработана классификация существующих методов по оценке влияния грузового автотранспорта, например в зоне регулируемого участка, которая может быть применима для проведения необходимых расчетов на стадии анализа состава транспортного потока. В зависимости от имеющихся данных:

- доли грузового транспорта с учетом интервалов движения (метод, основанный на анализе движения);
- величины задержки (сопоставление данных движения грузового автотранспорта и медленно движущегося легкового);
- время разъезда;
- время прибытия.

Может быть произведен расчет с использованием математических моделей, представленных в данном исследовании.

Заключение

В результате выполненных исследований установлено, что влияние грузового автотранспорта в рамках развития транспортно-логистического комплекса сегодня довольно существенно. В связи с тем что логистические центры активно развиваются и их рост стимулируется основными индикаторами, обозначенными в «Транспортной стратегии до 2030 г.», показатель перевезенных грузов автомобильным транспортом будет увеличиваться [7, 8, 9, 10], что будет способствовать увеличению доли грузовых автотранспортных средств в общем транспортном потоке и оказывать влияние на величину пропускной способности и методы расчета основных величин при использовании различных средств управления движением. Особенно актуальным данное изменение станет для г. Москвы и Московской области, т. к. именно эти субъекты являются основными площадками для строительства новых и развития существующих ТЛК.

С целью оценки данного влияния выполнен анализ основных методов учета грузового автотранспорта и произведена их классификация с отражением основных параметров, используемых для более точного приведения рассматриваемого вида транспорта к эквивалентному легковому автомобилю.

Дальнейшим направлением исследования будет являться расчет по определенным методам и сравнение полученных результатов.

Библиографический список

1. Соколов М. Транспортная стратегия России на период до 2030 года // Транспортная стратегия – XXI век. 2013. № 22. С. 7–9.
2. Krammes R. A., Crowley K. W. Passenger car equivalents for trucks on level freeway segments // Transportation Research Record, vol. 1091, pp. 10–17, 1986.
3. Highway Capacity Manual: A Guide to Multimodal Mobility Analysis. 5th ed. Transportation Research Board, Washington, D.C., 2010
4. Pan Lu, Zijian Zheng, Denver Tolliver, Danguang Pan Measuring Passenger Car Equivalents (PCE) for Heavy Vehicle on Two Lane Highway Segments Operating Under Various Traffic Conditions // Journal of Advanced Transportation, vol. 2020, Article ID 6972958, 9 pages, 2020.
5. Боровской А.Е., Воля П.А., Новиков И.А., Шевцова А.Г. Распределение состава транспортного потока на примере городской агломерации «Белгород» // Мир транспорта и технологических машин. 2015. № 4 (51). С. 103–110.
6. Новиков И.А., Медведев М.И., Шевцова А.Г. Влияние динамических характеристик грузового автотранспорта на параметры регулируемого перекреста // Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 1 (56). С. 62–69.
7. Трофимов С.В. Транспортная стратегия России и развитие конкурентных отношений на транспорте // Конкурентное право. 2018. № 3. С. 14–16.
8. Мамонова М.В. Актуальность проблематики правового регулирования инвестиционной деятельности в целях реализации транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года // Транспортное право и безопасность. 2017. № 3 (15). С. 33–36.

9. Зырянов В.В., Веремеенко Е.Г. Развитие рынка автомобильных перевозок в России // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4–2 (23). 152 с.

10. Зырянов В.В., Хайхян Е.М. Транспортное обеспечение логистических систем // Интернет-журнал «Науковедение». 2012. № 4 (13). 162 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Донченко Вадим Валерианович – канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, научный руководитель ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта», ORCID ID 0000-0002-0544-7608 (125480, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24, ОАО «НИИАТ», e-mail: doncenko@niiat.ru).

Шумский Александр Николаевич – аспирант ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта», руководитель экспертного центра «Probok.net», ORCID 0000-0002-4339-5650 (125480, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24, ОАО «НИИАТ», e-mail: shumskiy-msk@bk.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Donchenko Vadim Valerianovich (Moscow, Russia) – Cand. tech. Sciences, Art. scientific. employee, scientific director of Scientific Research Institute of Automobile Transport, ORCID ID 0000-0002-0544-7608 (125480, Moscow, Geroev Panfilovtsev st., 24, JSC NIIAT), e-mail: doncenko@niiat.ru

Shumskiy Alexander Nikolaevich - post-graduate student of the Scientific Research Institute of Automobile Transport, Head of the Probok.net Expert Center, ORCID 0000-0002-4339-5650 (125480, Moscow, Geroev Panfilovtsev St., 24, JSC NIIAT), e-mail: shumskiy-msk@bk.ru

УДК 625.76 + 624.138.22:626.226

КРАТКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ТРАМБУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

Д.А. Воробей, Н.В. Ловыгина

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

Аннотация. Целью уплотнения грунтов является получение плотной и прочной структуры, способной без значительных деформаций выдерживать действующие нагрузки и климатические факторы. В современных условиях стесненного городского строительства возникает необходимость в использовании универсальных машин, способных выполнять широкий спектр решаемых задач. Особенно актуальна эта проблема в настоящее время в связи с масштабным строительством и реконструкцией. В данной статье выполнен краткий обзор существующих конструкций трамбующих устройств для уплотнения грунтов.

Ключевые слова: уплотнение грунтов, трамбующие устройства, универсальные машины.

BRIEF OVERVIEW OF EXISTING TRAMMING DEVICES FOR SOIL COMPACTOR

D.A. Vorobey, N.V. Lovygina

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«The Siberian State Automobile and Highway University», Omsk, Russia

Abstract. The purpose of soil compaction is to obtain a dense and durable structure that can withstand existing loads and climatic factors without significant deformations. In modern conditions of cramped urban construction, it becomes necessary to use universal machines capable of performing a wide range of tasks to be solved. This problem is especially relevant today in connection with large-scale construction and reconstruction. This article provides a brief overview of existing designs of ramming devices for soil compaction.

Key words: soil compaction, ramming devices, universal machines.

Введение

Очень много лет надёжно и прочно стоят здания и сооружения на скальных грунтах, но таких грунтов совсем мало. Почти вся территория Российской Федерации покрыта мягкими грунтами: глинистыми и песчаными. Неустойчивые глинистые грунты или, как их ещё называют, лёссовые, занимают до 20% территории России. Они характеризуются макропористым строением. Макропоры – это видимые невооруженным глазом поры в виде вертикальных канальцев, пронизывающих толщу лёсса. Пористость лёссового грунта часто достигает 45–55%. Частицы лёсса связаны между собой отложениями солей, эти связи прочные только в сухом состоянии. Под воздействием воды структурные связи между частицами лёсса разрушаются. Макропоры заплывают, объем грунта уменьшается, это приводит к неравномерным, провальным просадкам оснований зданий и сооружений. Просадки особенно значительны при большой толщине лёссового слоя. Для того чтобы определить степень надежности основания зданий и сооружений, строители исследуют геологические и гидрогеологические грунтовые условия, и в зависимости от них применяют тот или иной способ улучшения строительных свойств грунта. Механическое ударное или прессующее воздействие разрушает природную структуру грунта [1].

Основная часть

Грунт состоит из минеральных частиц и пустот, пор, как правило частично заполненных водой и воздухом. В процессе уплотнения частицы грунта перемещаются и объем пустот уменьшается, при этом в крупнозернистых грунтах может выделяться вода. Наиболее важными факторами, определяющими результат уплотнения, являются: тип грунта (материала), его

влажность, метод уплотнения и приложенная энергия. Если грунт уплотняется таким же образом, но с другим содержанием влаги, итоговая плотность будет другой. При низкой влажности почвы внутреннее трение и силы сцепления между частицами препятствуют уплотнению, таким образом тратя большие экономические и энергетические затраты на работы по уплотнению. При более высоком содержании влаги материал легче уплотняется, а максимальная плотность достигается при оптимальной влажности почвы. Если количество воды начинает превышать оптимальный предел, почва легче уплотняется. А при низкой водопроницаемости увеличение влажности приводит к снижению плотности. В итоге при уплотнении очень важно знать влажность уплотненного грунта. В проницаемых почвах, таких как песок и гравий, обладающих естественными дренажными свойствами, изменение ориентации частиц, приводящее к более плотной упаковке, вытесняется из воды. В этом случае оптимальная влажность соответствует полному насыщению пор водой. Крупнозернистые материалы, не обладающие адгезией (такие как каменная насыпь, гравий, гравий и песок), легче уплотняются, чем мелкозернистые почвы. Площадь контакта частиц этого материала мала по сравнению с мелкозернистыми, поэтому используемый в этом типе грунта вибрационный метод позволяет уплотнять их толстыми слоями. Уплотнение мелкозернистых связных материалов, пыльных почв и глин сильно зависит от их влажности и погодных условий. Из-за связанности уплотнение суглинистого или глинистого грунта (5–10%) является достаточным, чтобы сделать эти материалы настолько водопроницаемыми, что их уплотнение становится возможным только при оптимальном содержании влаги. Так обстоит дело, например, с большинством основных материалов. Наибольшая плотность достигается при оптимальном содержании воды, которое является промежуточным состоянием между полностью сухой и полностью влажной почвой. Для определения оптимального содержания влаги и соответствующей максимальной плотности каркаса существует несколько лабораторных методов испытаний.

Уплотнение является важнейшей частью технологии при строительстве дорог и фундаментов зданий и сооружений. Во многом надежность, качество и долговечность готового объекта зависят от того, как подготовили грунт. Правильно выполненное уплотнение позволяет значительно повысить несущую способность и устойчивость возводимой насыпи, повысить ее водонепроницаемость и в большинстве случаев практически исключить вероятность осадки. В результате грунт насыпи оказывается достаточно прочным, чтобы противостоять воздействию постоянных нагрузок и движению транспортных средств.

Песчаные и глинистые грунты уплотняются при многократных проходах катков или землеройно-транспортных машин по одному и тому же участку, катки с гладкими вальцами уплотняют грунт после 6–8 проходов, слоями до 15 см. Кулачковые катки могут уплотнять слой грунта до 50 см за 5–6 проходов. В настоящее время широкое распространение получили катки на пневмоколесном ходу, большая площадь контакта шин с грунтом позволяет уплотнять его за 4–6 проходов на глубину до 40 см. При работе катков для образования ровной и плотной поверхности первая проходка производится на малой скорости, а последующие на повышенных, укаткой уплотняются в основном глинистые грунты. При уплотнении несвязных песчаных грунтов наиболее эффективны вибрационные катки. Эта машина сочетает укатку грунта с его вибрацией. После уплотнения первого слоя до требуемой плотности производится отсыпка, увлажнение и уплотнение последующих слоев до достижения полутора-двухметровой толщины. Грунтовая подушка не обладает просадочностью и давление от фундамента распределяется в ней на большую площадь. Трамбование производится периодическим сбрасыванием груза с высоты от 2 до 4 м. Трамбовка весом в 2–4 т энергией своего падения разрушает естественное строение грунта и уплотняет его [2].

Уплотнение грунта специальными трамбующими машинами является одним из новых и эффективных способов. Трамбование производится пятью дизельными трамбовками, которые установлены на тракторе, трамбовки машины работают по принципу дизель-молотов. Дизель трамбовочной машины уплотняет слой грунта толщиной до 80 см за три-четыре прохода.

Трамбование особенно эффективно для грунтов сильно и неравномерно сжимаемых и с большой пористостью, основной недостаток всех ударных механизмов зависит от погоды: при переувлажнении или промерзании грунта поверхностные уплотнения производить нельзя.

Станки канатно-ударного бурения в настоящее время используются для глубинного уплотнения просадочных грунтов. Для этого бурильное долото заменяют специальным наконечником, а на устье скважины ставят направляющий кондуктор [3].

При глубинном уплотнении грунтовыми сваями сначала пробивают скважину, в результате чего грунт оттесняется в окружающий его массив и уплотняется, затем скважину заполняют грунтом, который подается дозатором порциями весом около 300 кг.

Послойное трамбование дополнительно уплотняет грунт между сваями, пористость грунта значительно уменьшается. Грунтовые сваи пронизывают всю просадочную толщу и улучшают ее

несущую способность. Скважину в легких лёссовых грунтах диаметром до 50 см на глубину 8 м станок ударно-канатного бурения пробивает за 30–50 мин. Качество уплотнения контролируется отбором образцов на участке, ограниченном тремя открытыми грунтовыми сваями [4].

Далее будут описаны некоторые новейшие машины трамбующих устройств для уплотнения грунта. На рисунке 1 представлен каток LiuGong CLG 6614.



Рисунок 1 – Каток LiuGong CLG 6614

На рисунке 2 можно посмотреть характеристики катка LiuGong CLG 6614.

21

Характеристики катка LiuGong CLG 6614	
Двигатель	Cummins 6BTAA5.9
Номинальная мощность	160 л. с. при 2 200 об/мин
Номинальный амплитудный диапазон	2.0/1.2 мм
Диапазон частоты вибраций	30/33 Гц
Диапазон центробежных сил	300/200 кН
Эксплуатационная масса	14 000 кг
Диаметр барабана	1 555 мм
Нагрузка на барабан	368 Н/см

Рисунок 2 – Характеристики катка LiuGong CLG 6614

Каток LiuGong CLG6614 специализируется на уплотнении грунтов от первой до четвертой категории. Машина этого типа применяется в дорожном строительстве, смешивании асфальтобетона, уплотнении грунта, щебня. Специальная машина с функцией вибрации и гидростатическим приводом, которая предназначена для усиления эффекта уплотнения без увеличения веса. Вибрационный каток оснащен четырехцилиндровым двигателем с турбонаддувом и водяным охлаждением, экономичным расходом масла и низким расходом топлива. В машине используются мосты с самоблокирующимся дифференциалом, приводной поршневой двигатель колес, приводной поршневой насос, барабан и гидростатический привод. Кабина имеет широкий панорамный обзор, очень низкий уровень шума, высокий уровень эргономики и удобства для оператора. Стандартная комплектация данной машины оснащена печкой, кондиционером, автомобильным радиоприемником и подобными удобными и необходимыми функциями. Точки заливки масла и точки проверки уровня масла находятся в

легкодоступных местах от оператора. Дополнительный топливный фильтр с трехступенчатой системой очистки дизельного топлива, подогреваемый, с резервуаром для влаги, промышленный редуктор нагрузки, в дополнение входит проблесковый маячок, знак заднего хода, держатель номерного знака с подсветкой [5].

Еще одним инструментом для уплотнения грунта является электрическая виброплита ЗУБР. Электрическая виброплита ЗУБР показана на рисунке 3.



Рисунок 3 – Электрическая виброплита ЗУБР

Электрическая виброплита для уплотнения грунта ЗУБР – это устройство для экологически правильной, комфортной и экономичной работы. Данный аппарат обладает надёжным электродвигателем, который обеспечивает быструю и производительную работу по уплотнению грунта. Машина данного типа не наносит вред экологии, ведь в ней отсутствуют продукты сгорания топлива, также данный аппарат можно использовать в помещениях и в местах, где выбросы вредных веществ ограничены. ЗУБР обладает идеальной центробежной силой для уплотнения почвы и других рыхлых и мягких материалов [6].

На рисунке 4 показаны динамические измерительные модули.



Рисунок 4 – Динамические измерительные модули

Рассмотрим динамические измерительные модули, которые используются для упругости грунтов: ДПГ-1.1, ДПГ-1.2, ДПГ-ДДК. Данные приспособления рассчитаны для определения основания дорог и динамического модуля упругости грунта. Эти устройства используются при дорожном строительстве, при обследовании насыпей и обочин, при контроле качества дорожных оснований и железных дорог, а также для строительных проверок при земляных работах во время строительства. Оценка качества уплотнения обратной засыпки каналов и траншей. Рабочие условия эксплуатации: диапазон температур от +5 до +40⁰, относительная влажность воздуха при +25⁰ и ниже без конденсации влаги до 90%, атмосферное давление

от 84 до 100 6,7 кПа. Принцип работы приборов, изображенных на рисунке 4, заключается в измерении амплитуды общей усадки грунта под круглым уплотнением. При воздействии на него ударной нагрузки при ударе электронный блок прибора автоматически регистрирует сигналы силы и усадки, а датчики платформы одновременно рассчитывают амплитуду усадочного устройства грунта [7].

На рисунке 5 представлены схемы машин для уплотнения грунтов и дорожных покрытий.

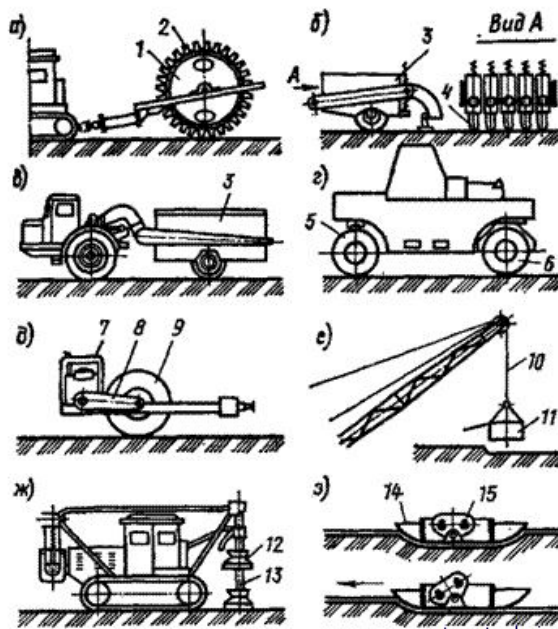


Рисунок 5 – Схемы машин для уплотнения грунтов и дорожных покрытий:

- а – кулачковый прицепной каток; б – прицепной пневмоколесный; в – полуприцепной пневмоколесный; г – пневмоколесный самоходный; д – прицепной с вибровальцем; е – свободно падающая плита на экскаваторе; ж – самоходная трамбующая машина; з – вибротрамбующая плита; 1 – барабан вальца; 2 – кулачки; 3 – бункер с балластом; 4, 5, 6 – пневмо-валец; 7 – двигатель; 8 – передача; 9 – вибровалец; 10 – подъемный канат; 11, 12 – трамбующая плита; 13 – направляющая штанга; 14 – плита; 15 – вибратор направленного действия [8]

Заключение

Подводя итог, можно сказать, что уплотнение грунта является важнейшей частью при строительстве дорог, объектов и сооружений, которое не может обойтись без специальной техники и специализированных работников, отвечающих за контроль качества, ведь уплотнение проводится с целью увеличения несущей способности грунта и снижения водопроницаемости.

Библиографический список

1. Тарасов В.Н. Теория удара в строительстве и машиностроении / В.Н. Тарасов, И.В. Бояркина, М.В. Коваленко, С.В. Кузнецов, И.Ф. Шлегель. – М.: Изд-во АСВ, 2006. – 336 с.
2. Галдин Н. С. Специальное рабочее оборудование экскаваторов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.С. Галдин, И.А. Семенова. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2020. – 87 с.
3. Галдин Н.С. Рабочее оборудование ударного действия для уплотнения грунта трамбованием / Н.С. Галдин. – Омск: СибАДИ, 2016.
4. Галдин Н.С., Семенова И.А. Алгоритм расчета трамбующего рабочего органа // В сборнике: Образование. Транспорт. Инновации. Строительство. Сборник материалов III Национальной научно-практической конференции. – Омск: СибАДИ, 2020. – С. 89–95.
5. Грунтовый каток LiuGong CLG6614. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://liugongrus.ru/katalog-no-razdelam/katalog/katki/6614e/> (дата обращения: 26.05.2021).
6. Виброплита электрическая ЗВПЭ-5 Г. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://zubr.ru/mekhanizirovannye-instrumenty/stroitelnoe-oborudovanie/vibroplity/vibroplity-dlya-grunta-elektricheskaya/zvpe-5-g-3mr7/?ID=904174> (дата обращения: 26.05.2021).
7. Динамические плотномеры грунта. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.interpribor.ru/dynamic-density-of-ground-dpg-1> (дата обращения: 26.05.2021).
8. Технология и организация работ по возведению земляного полотна автомобильных дорог. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/16408621/page:4/> (дата обращения: 26.05.2021).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Воробей Дмитрий Александрович – студент группы НТС-19Т1 ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: mega.oioi@mail.ru).

Ловыгина Надежда Васильевна – канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: nadiahohlova@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dmitry A. Vorobei – student of the NTS-19T1 group, the Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, Russia, Mira Ave., 5, e-mail: mega.oioi@mail.ru).

Nadezhda V. Lovygina – Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, the Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, Russia, Mira Ave., 5, e-mail: nadiahohlova@mail.ru).

УДК625.7/.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ И ПЕСЧАНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫМИ ДИСПЕРСИЯМИ

С.А. Крапивная, И.А. Лазуткин, А.А. Лунёв, Р.С. Кацарский

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

Аннотация. В статье изучена прочность на сжатие образцов золошлаковых и песчаных материалов, смешанных в разных соотношениях (от 2 до 6,6%) со стабилизирующими полимерными добавками (Homacryl 850, Homacryl 852 и Polyvinyl acetate). В рамках исследования были проведены испытания для определения предела прочности на одноосное сжатие в возрасте 0,3 и 7 сут. Также были приведены результаты, иллюстрирующие кинетику набора прочности в ходе твердения образцов.

Ключевые слова: строительство, автомобильные дороги, стабилизация грунта, лабораторные испытания, полимерная дисперсия, золошлаковые материалы, песок.

STUDY OF THE STRENGTH OF POND ASH AND SAND MATERIALS STABILIZED WITH A POLYMER DISPERSIONS

S.A. Krapivnaya, I.A. Lazutkin, A.A. Lunev, R.S. Katsarskiy

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Siberian State Automobile and Road University (SibADI)", Omsk, Russia

25

Abstract. The article studies the compressive strength of samples of pond ash and sand materials mixed in different ratios (from 2 to 6.6 %) with stabilizing polymer additives (Homacryl 850, Homacryl 852 and Polyvinyl acetate). As part of the study, tests were performed to determine the uniaxial compressive strength at the age of 0, 3 and 7 days. The results illustrating the kinetics of the strength gain during the hardening of the samples were also presented.

Keywords: construction, highways, soil stabilization, laboratory tests, polymer emulsion, pond ash, sand.

Введение

Одним из перспективных направлений повышения качества строительства автомобильных дорог является стабилизация слоёв оснований дорожной одежды и земляного полотна (особенно его рабочего слоя).

Для этих целей используют специальные добавки под названием стабилизаторы. Стабилизаторы – это очень широкий класс разных по составу и происхождению веществ, которые при малых дозировках положительно влияют на свойства дорожно-строительных материалов за счет активизации их скрытого химического потенциала или изменения их водно-физических и физико-механических свойств.

Стабилизаторы активно применяют как в России, так и за рубежом, причем часто термин «стабилизация» применяют не только к улучшению свойств грунтов. Ниже рассмотрен ряд работ о стабилизации различных материалов.

В работе [1] Стивен Д. и др. исследовали укрепление восстановленного асфальтового покрытия с помощью геополимера, но не добились требуемой прочности, при содержании стабилизатора менее 4%. Данные анализа, приведенного в работе [1], указывают, что при использовании большего содержания этого вида стабилизаторов его применение становится экономически нецелесообразным.

В работе [2] получили прочность на сжатие 13,0 МПа на 28 сут при укреплении песчаного грунта 12% цемента. Также была получена прочность на сжатие 8,0 МПа у глинистого грунта, обработанного

портландцементом марки М500 в количестве 8,75% и добавкой гашеной извести в количестве 3% сверх массы грунта.

В работе [3] изучали стабилизацию грунта (с содержанием пылеватых и глинистых частиц, равных 59,69%) с применением промышленных отходов гранулированного доменного шлака и золы-уноса. При содержании стабилизаторов (30%) – гранулированного доменного шлака и (18%) – золы-уноса авторами была получена прочность на сжатие 7,29 МПа на 7 сут и 10,43 МПа на 14 сут.

В работе [4] Ali Ates изучал стабилизацию песчаного грунта винил-акриловым сополимером и цементом. При добавлении 3% полимера и 30% цемента автором было достигнуто значение предела прочности на сжатие, равного 13,83 МПа, а при добавлении 4% полимера и 40% цемента получено значение прочности 14,2 МПа. Также было получено, что стабилизированные грунты с 1% полимера имеют прочность ниже, чем при содержании 2, 3, 4%. Прочность на сжатие увеличивалась с увеличением содержания как цемента, так и винил-акрилового сополимера.

В работе [5] в результате исследований выяснили, что при добавлении мочевиноформальдегидного каучука в качестве стабилизатора в песчаный грунт снижается его оптимальная влажность. При добавлении 1% стабилизатора увеличивается максимальная плотность сухого грунта с 1,87 до 1,93 г/см³, однако при добавлении 2% стабилизатора максимальная плотность сухого грунта падает до 1,83 г/см³. В связи с этим авторами рекомендуется использовать именно 1% полимерного вяжущего для стабилизации песчаного грунта.

В работе [6] Ali Reza Zandieh и др. исследовали дюнный песок с добавлением 13% полимера (polyvinyl acetate, MW: 83,000, Aldrich) и хлорида натрия (NaCl) в разных пропорциях. При отсутствии хлорида натрия (незасоленный грунт) выявили значительное улучшение эксплуатационных характеристик песка, стабилизированного полимером. Важным наблюдением было то, что дюнный песок, стабилизированный полимером, набирает более 90% прочности на сжатие в течение первых 3–7 дней. Но при добавлении NaCl в стабилизированный грунт в результате опытов было выявлено, что соль негативно влияет на прочность на сжатие. Так, при 10% NaCl прочность на сжатие снижается с 4,02 до 2,66 МПа, что составляет потерю прочности 33,8%.

В работе [7] Jin Liu и др. занимались повышением водостойкости глинистых заполнителей, смешанных с водно-полимерными стабилизаторами грунта. При добавлении 9% водно-полимерного стабилизатора было выявлено улучшение водостойкости до 100%. Также замечено, что при нанесении водного стабилизатора на грунтовые агрегаты образуются физико-химические связи между молекулами полимера и грунтовыми агрегатами через ионные, водородные или Ван-дер-ваальсовы связи, которые изменяются в характеристиках грунтовых агрегатов и динамике раствора полимера. Через эти связи длинноцепочечные макромолекулы полимеров обволакивают поверхность агрегата и образуют эластичную и вязкую мембранную структуру.

В работе [8] авторы использовали в своей работе песчаный грунт, стабилизированный раствором водного полимера «350-Пента» (2, 4, 6, 8, 10, 12%) и цементом (5, 10 и 15%). В ходе исследований они выяснили, что преобразование песчаных грунтов с помощью стабилизатора способствует значительному изменению их физико-механических и водно-физических показателей. С увеличением дозировки водного полимера происходит рост плотности грунтобетона при твердении в сухих условиях. Рост плотности носит линейный характер. Замечено, что происходит процесс уравнивания нескомпенсированных связей на поверхности минеральных систем. Он основан на адсорбции дипольных органических молекул поверхностными ионами на плоскостях кристаллической решетки песчаных минералов. Стабилизатор способствует изменению гидрофильной природы песчаного грунта на гидрофобную. Максимальный предел прочности на сжатие, достигнутый в ходе исследования, был равен 23,0 МПа при (15%) портландцемента и (8%) «350-Пента», что указывает на наличие оптимального содержания полимерных стабилизаторов.

В работе [9] в ходе проведенного исследования выяснили, что прочность стабилизированного песчаного грунта значительно повышается как во влажных, так и в сухих условиях при использовании полимерных добавок. Увеличение прочности наблюдается за счет осаждения затвердевших полимерных компонентов после испарения воды из дисперсии. Также было замечено, что через 14 дней большинство стабилизированных образцов грунта достигли максимальной прочности на сжатие. Очень важным наблюдением, сделанным в этой статье, является то, что скорость роста прочности на сжатие стабилизированного грунта коррелирует со скоростью потери влаги в образце, поэтому дальнейшее повышение прочности не происходит, когда образец полностью теряет свою влагу.

В ходе анализа литературы была отмечена существенная разница в терминологии РФ и зарубежных стран. В Российской Федерации в соответствии с ПНСТ 322–2019 под термином «стабилизация» понимается смешение грунтов со стабилизаторами в количестве не более 2% массы необработанного грунта при оптимальной влажности с последующим уплотнением. Под термином «укрепление» понимается смешение грунта с неорганическим вяжущим в количестве более 2% массы необработанного грунта при оптимальной влажности с последующим уплотнением.

В зарубежных странах термин «стабилизация» не используется в том же значении, что в нормативах Российской Федерации. Аналогом этого термина является Soil modification, а термин Soil stabilization является, как правило, аналогом термина «укрепление». Поэтому в нашей статье при упоминании термина «стабилизация» мы говорим об улучшении свойств грунтов (и прочих материалов) без привязки к содержанию стабилизаторов, зафиксированных в НТД РФ.

Также анализ источников показал, что за счет стабилизирующих добавок грунты могут улучшать свои характеристики, например морозостойкость, прочность на изгиб и сжатие, водонепроницаемость, модуль упругости.

Технология укрепления грунтов полимерными дисперсиями в сравнении с традиционно используемыми вяжущими: известью, шламами, цементом, золами-уноса – основывается на введении водного раствора стабилизатора в количестве, необходимом для обеспечения оптимальной влажности стабилизированного грунта с последующим перемешиванием, разравниванием и уплотнением материала. Также полимерные стабилизирующие добавки обладают меньшими сроками твердения по сравнению с традиционными стабилизаторами.

В связи с обилием стабилизаторов, использующихся в дорожной отрасли, целью работы являлась проверка прочностных свойств грунтов, стабилизированных полимерными дисперсиями Homacryl 850D, Homacryl 852D и Polyvinyl acetate, данных о которых в литературе ранее не отмечались. Это, с одной стороны, позволило бы выяснить потенциально пригодные области использования полимерных дисперсий в дорожном строительстве, а с другой – дать основание для выбора направления более детальных исследований полимерных стабилизаторов.

Методика проведения исследования

Формовка образцов грунтов, стабилизированных Homacryl, проводилась при влажности 13,0 и 18,8% для песка и золошлаковой смеси соответственно, что на 1,1% выше оптимальной (в соответствии с рекомендациями производителя стабилизирующей добавки). По аналогии с формовкой золошлаковой смеси и Homacryl было принято решение формовать образцы с золошлаковой смесью и Polyvinyl acetate при влажности 18,8%. Смеси в различных пропорциях смешивались в эксикаторе, общая масса навески составляла 1500 г.

Формовка образца осуществлялась в малом приборе стандартного уплотнения СоюзДорНИИ (диаметр формы 50 мм, высота полученного образца 50 мм). Материал засыпался в 2 слоя и каждый слой 25 раз вручную штыковали стальным стержнем. Уплотнение проводилось 20 ударами груза массой 2,5 кг с высоты 300 мм по наковальне, зафиксированной на направляющей штанге. Испытание проводилось по ГОСТ 22733–2016 с учетом положений ГОСТ 23558–94.

Образцы набирали прочность 0,3 и 7 сут в камере нормального твердения КНТ-1, по ГОСТ 10180–90 при влажности 20%. Затем образцы испытывались на прессе с электромеханическим приводом в ненасыщенном водой состоянии (в ходе дальнейшей работы будет оценена водостойкость этих материалов). Изначальная нагрузка на образец 10Н, скорость приложения нагрузки (3,0±0,3) мм/мин. Испытания проводились на универсальной испытательной машине ИР 5082-100 до разрушения образца.

Используемые материалы

Золошлаковая смесь

Для экспериментальных исследований, наряду с природными грунтами, был использован один из наиболее массовых и потенциально применимых техногенных грунтов – золошлаковая смесь.

Золошлаковую смесь, используемую для исследования, отбирали в Российской Федерации на Новочеркасской ГРЭС (г. Новочеркасск, Ростовская обл.) Координаты места отбора пробы: GPS: 47.392034 N, 40.218835 E. ЗШС получали сжиганием антрацитового штыба Донецкого угольного бассейна в пылеугольном котле.

Согласно ASTM C-618-12 материал относится к классу F с содержанием CaO менее 15%. Гранулометрический состав и физико-механические свойства золошлаковой смеси представлены в таблице.

Песок

Песок, используемый для экспериментальных исследований, отбирали в г. Омске. Отбор проб был выполнен в сосредоточенном резерве в Омском речном порту, расположенном по GPS координатам 54.937621, 73.366860. Отбор проб велся согласно ГОСТ 12071–2014. Гранулометрический состав и физико-механические свойства песчаного грунта представлены в таблице.

Таблица 1
Физико-механические свойства грунтов

Характеристика	Песок	Золошлаковая смесь
Цвет	Желто-серый	Темно-серый
Плотность частиц грунта (г/см^3)	2,6	2,40
Гранулометрический состав, по USCS (ASTM D2487-11), в (%) по массе		
Крупные частицы (от 2 мм)	10,3	16,8
Средние частицы (от 0,425 до 2 мм)	17,7	14,1
Мелкие частицы (от 0,075 до 0,425 мм)	70,1	47,8
Пылеватые и глинистые частицы (до 0,075 мм)	1,9	21,3
Степень фракционированности, C_u	2,3	37,5
Коэффициент кривизны, C_c	0,5	0,24
Число пластичности	–	–
Оптимальная влажность, (%)	11,9	17,7
Максимальная плотность сухого грунта, (г/см^3)	1,45	1,38

Номаскрил 850D и 852D

Номаскрил 850D и 852D являются жидкими полимерными стабилизаторами на акриловой основе. Стабилизаторы грунта Номаскрил 850D и 852D предназначены для значительного улучшения физико-механических характеристик грунта (прочность, водостойкость, морозостойкость), применяемого при строительстве дорог. Поскольку данный материал является зарегистрированной товарной маркой, в открытых источниках нет информации о технологии изготовления, характеристиках и свойствах.

Polyvinyl acetate

Polyvinyl acetate (поливинилацетат ПВА) – полимер винилацетата или сложный эфир поливинилового спирта и уксусной кислоты. Твердое бесцветное прозрачное нетоксичное вещество, не имеет запаха. Основной сферой применения поливинилацетата является производство поливинилацетатного клея (клей ПВА), водоземлюльсионных и акриловых красок, а также дальнейшая переработка в поливиниловый спирт и поливинилацетата. Для эксперимента использовалась дисперсия поливинилацетата в воде с загустителями целлюлозного ряда производства фирмы Текс.

Основная часть

При изготовлении образцов оптимальная влажность была увеличена в соответствии с рекомендациями производителя. В ходе формовки образцов установлено, что принятая повышенная влажность не является оптимальной (отмечалось отжатие воды).

Так как полимерная дисперсия содержит примерно 40–45% полимера, 1–2% диспергатора и 53–59% воды, было принято решение понизить оптимальную влажность. Опытным путем было установлено, что необходимо снизить влажность на 8 и 2,5% для песка и золошлаковой смеси соответственно (в статье эта влажность фигурирует как пониженная). Результат испытаний образцов с повышенной и пониженной влажностью представлен на рисунке 1.

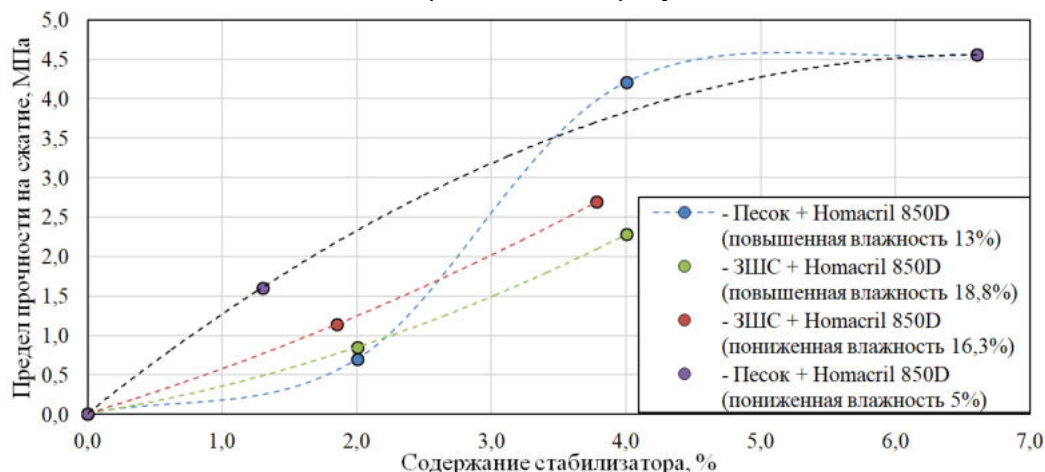


Рисунок 1 – Сравнение результатов испытаний образцов с повышенной и пониженной влажностью

Стабилизированный грунт при пониженной влажности показывает большие значения прочности на сжатие, чем при повышенной влажности. Кроме того, при повышенной влажности и малом содержании стабилизатора в песке не возникло достаточно прочной структуры, что отражено на рисунке 1. Поэтому для следующих испытаний были использованы образцы, изготовленные только при пониженной влажности.

Прирост прочности, приведенный на рисунке 2, демонстрирует, что свойства грунта, стабилизированного полимером, улучшаются со временем твердения. Твердение полимерных дисперсий происходит за счет «разрушения» дисперсии и последующей потери воды за счет испарения. Разрушение дисперсии происходит, когда отдельные капли дисперсии, взвешенные в водной фазе, покрывают поверхность частицы грунта и полимер осаждается на поверхности, после чего происходит сцепление смоченных полимером агрегатов. Количество полимера, нанесенного на поверхность частицы грунта, зависит от концентрации добавляемого полимера и степени смешивания с грунтом.

Анализ полученных данных по результатам проведенных испытаний показывает, что при увеличении процентного содержания стабилизатора увеличивается прочность на сжатие. Результаты испытаний представлены на рисунке 2.

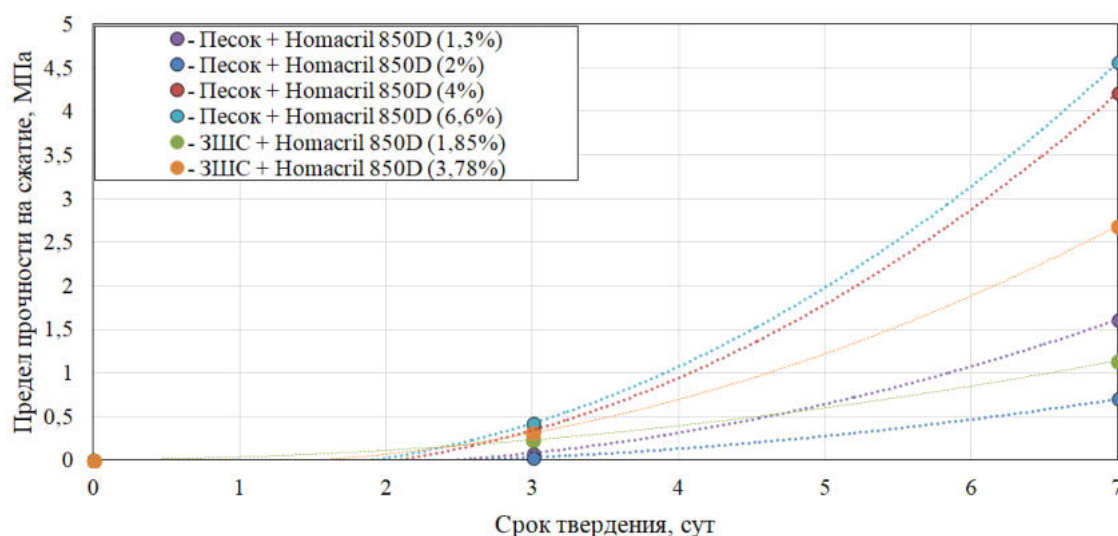


Рисунок 2 – Результаты испытания прочности на сжатие на 3 и 7 сут при различном количестве стабилизатора

На 3 сут песок и золошлаковая смесь, стабилизированные Homacryl 850D, показывают относительно низкие значения прочности, они не превышают 0,5 МПа. Это можно объяснить тем, что за 3 сут грунты, стабилизированные вяжущим, не набирают максимальную прочность, поэтому необходимо было провести испытания этих же образцов на 7 сут (по рекомендации производителя), чтобы стабилизированный грунт успел набрать максимальную прочность.

На 7 сут золошлаковая смесь достигает прочностью 2,69 МПа. Факт максимального набора прочности на 7 сут подтверждается полным высыханием образца, при котором вся твердая фаза дисперсии осаждается на зернах грунта. Из этого следует, что грунт, стабилизированный вяжущим, набирает свою максимальную прочность за 7 сут. На 3 сут грунт набрал 19% от прочности, набранной на 7 сут, и применение его при строительстве объектов, имеющих сжатые сроки строительства, нецелесообразно.

Смесь песка, стабилизированного Homacryl 850D, на 7 сут достигает максимальной прочности 4,56 МПа. Максимальные значения прочности были достигнуты при содержании стабилизатора 6,6%.

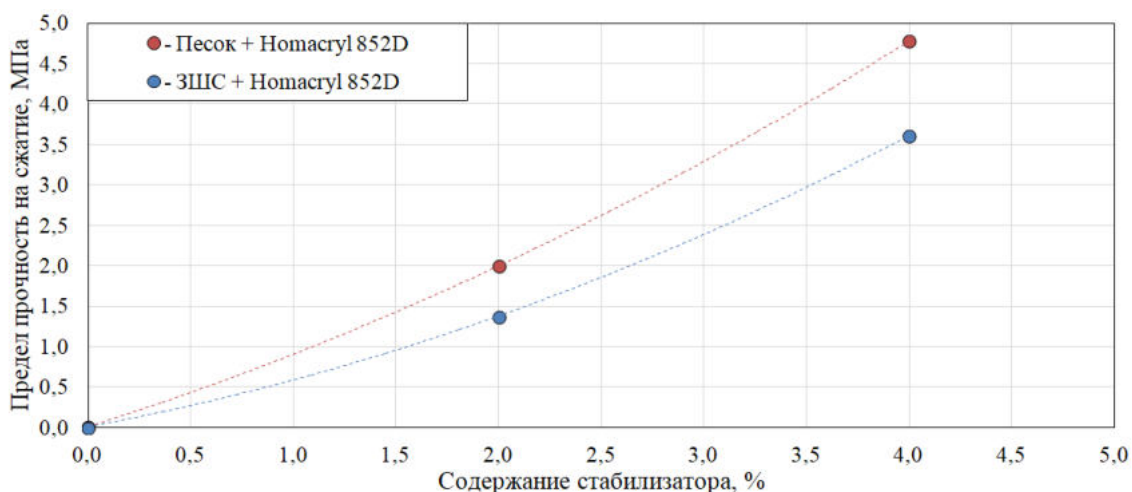


Рисунок 3 – Сравнение прочности на сжатие различных стабилизированных грунтов

На 7 сут песок и золошлаковая смесь, укрепленная Номаскрил 852D, с содержанием стабилизатора 4%, показали самые высокие результаты по сравнению с другими образцами. Предел прочности на сжатие у песка равен 4,78 МПа.

Стабилизированный песок во всех испытаниях показывает более высокие результаты, чем стабилизированная золошлаковая смесь (см. рисунок 3). Возможно, это объясняется тем, что в песчаном грунте меньше удельная поверхность частиц, что обеспечивает большую толщину полимерных пленок и качество перемешивания стабилизатора (у песка количество частиц >0,1 мм равно 98,1%, а у золошлаковой смеси 78,7%), это, по нашему мнению, является причиной повышения прочности.

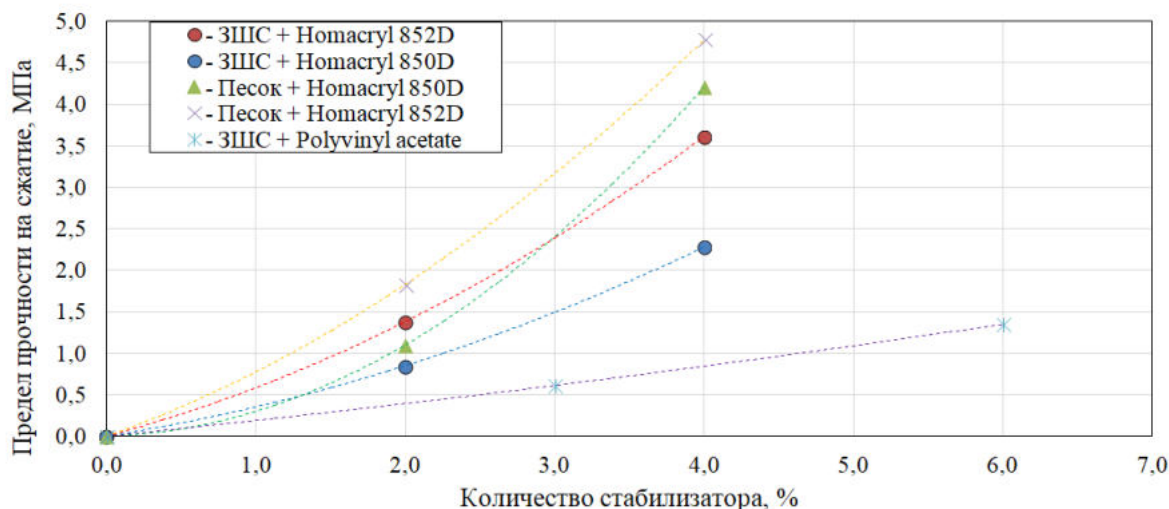


Рисунок 4 – Сравнение стабилизационных добавок Номаскрил 850D, Номаскрил 852D и Polyvinyl acetate

Как показано на рисунке 4, смеси из песка и золошлаковой смеси, стабилизированные Номаскрил 852D, показали более высокие значения по сравнению с Номаскрил 850D.

Для сравнения стабилизатора Номаскрил с Polyvinyl acetate были сформированы 12 образцов из золошлаковой смеси. Из рисунка 4 видно, что предел прочности на сжатие у золошлаковой смеси, стабилизированной Polyvinyl acetate, равен 1,35 МПа. Это является самым низким результатом из всех проведенных испытаний, а следовательно, использовать данный вид вяжущего как стабилизатора нецелесообразно.

Заключение

– Внесение стабилизаторов на основе полимеров во всех исследованных случаях снижает величину оптимальной влажности грунта.

– При увеличении дозы внесенного стабилизатора увеличивается прочность на сжатие. Так, при содержании 4% Номаскрил 852D в песке достигнута прочность на сжатие $R = 4,78$ МПа.

- Песчаный грунт, стабилизированный полимерной дисперсией, показывает большую прочность на сжатие в сравнении со стабилизированной золошлаковой смесью.
- Полимерное вяжущее Homacryl 852D в смешении с грунтом показывает большую прочность на сжатие, чем Homacryl 850D.
- Грунт, стабилизированный полимерным вяжущим, набирает свою максимальную прочность на 7 сут (в лабораторных условиях, в полевых условиях процесс может быть медленнее за счет медленного высыхания дисперсии).
- По результатам оценки прочности образцов смеси, стабилизированные Polyvinyl acetate, нецелесообразно использовать для строительства дополнительных слоев основания дорожной одежды, но потенциально возможно для устройства рабочего слоя земляного полотна.
- Результаты оценки прочности образцов, стабилизированных Homacryl 850D и Homacryl 852D, показывают, что указанные стабилизаторы потенциально возможно использовать для строительства дополнительных слоев основания дорожной одежды, а также для устройства рабочего слоя земляного полотна. Однако следует провести дополнительные испытания по оценке прочности стабилизированных грунтов на изгиб, определить их морозостойкость, водостойкость, а также калифорнийское число несущей способности и индекс непосредственной несущей способности.

Рекомендации

- Необходимо учитывать процентное содержание воды в полимерном стабилизаторе при подборе оптимальной влажности.
- Рекомендуется вносить полимерный стабилизатор, начиная с 4,6%, так как при 2% стабилизированный грунт имеет малые показатели прочности на сжатие.
- Наиболее эффективно использование полимерного стабилизатора в регионах с жарким и сухим климатом, где в большей степени гарантирован распад дисперсии с последующим отверждением полимера.
- Требуется более объемные исследования этой тематики для конкретных условий применения.

Библиографический список

1. Alireza Mohammadinia, Arul Arulrajah, Jay Sanjayan, Mahdi M. Disfani, Myint Win Bo and Stephen Darmawan. Stabilization of Demolition Materials for Pavement Base/Subbase Applications Using Fly Ash and Slag Geopolymers: Laboratory Investigation // Journal of Materials in Civil Engineering. July 2016. Vol. 28, Issue 7
2. Левкович Т.И., Лебедухо Е.А. Исследования прочности укрепленных грунтов, используемых для строительства основания автомобильных дорог // Материалы II Брянского международного инновационного форума. 2016. № 2, С. 18 –185.
3. Arshad Tyagi and D. K. Soni. Effects of Granulated Ground Blast Furnace Slag and Fly Ash on Stabilization of Soil // Lecture Notes in Civil Engineering. 2019. Vol. 32, P. 79-90
4. Ali Ates. The Effect of Polymer-Cement Stabilization on the Unconfined Compressive Strength of Liquefiable Soils // International Journal of Polymer Science. Vol. 2018
5. Sandy Soil Stabilization with Polymer: [сайт] – URL: https://www.researchgate.net/publication/331318532_Sandy_Soil_Stabilization_with_Polymer_-_Copy_2019. (дата обращения: 26. 03. 2021).
6. Ali Reza Zandieh, S. Shahaboddin Yasrobi. Study of Factors Affecting the Compressive Strength of Sandy Soil Stabilized with Polymer // Geotechnical and Geological Engineering. 2010. Vol. 28, P. 139-145
7. Jin Liu, Bin Shi, Hongtao Jiang, Sunyoung Bae, He Huang. Improvement of water-stability of clay aggregates admixed with aqueous polymer soil stabilizers Polymer // Catena. 2009. Vol. 77, P. 175-179
8. Романенко И.И., Романенко М.И., Петровнина И.Н., Пинт Э.М. Влияние водорастворимого полимерного стабилизатора грунта на физико-механические свойства песчаного грунта// Науковедение. 2014. № 5.
9. Chao Xing, Xueyan Liu, Kumar Anupam. Response of Sandy Soil Stabilized by Polymer Additives // Open Access Journal of Environmental and Soil Sciences. 2018. Vol. 3, P. 64-71

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

- Крапивная Светлана Алексеевна** – студентка ФГБОУ ВО «СибАДИ», гр. СУЗ-17Д1, (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: swetik99@mail.ru).
- Лазуткин Игорь Александрович** – студент ФГБОУ ВО «СибАДИ», гр. СУЗ-17Д1 (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: lazutkin9811@gmail.com).
- Лунев Александр Александрович** – канд. техн. наук, доц. кафедры «Проектирование дорог» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: lunev.al.al@gmail.com).
- Кацарский Роман Сергеевич** – инженер-лаборант НИЛ «ИТСМ» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: katsarroman@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Krapivnaya Svetlana Alekseevna (Russia, Omsk) - student of the The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)", group SUZ-17D1, (644080, Mira, 5 prospect, e-mail: swetik99@mail.ru).

Lazutkin Igor Alexandrovich (Russia, Omsk) - student of the The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)", group SUZ-17D1, (644080, Mira, 5 prospect, e-mail: lazutkin9811@gmail.com).

Lunev Alexander Alexandrovich (Russia, Omsk) – candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Road design of The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)" (644080, Mira, 5 prospect, e-mail: lunev.al.al@gmail.com).

Katsarskiy Roman Sergeevich (Russia, Omsk) – laboratory engineer of the SRL «RTBM» of The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)" (644080, Mira, 5 prospect, e-mail: katsarroman@mail.ru).