



ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТУПНОСТИ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ

Материалы IV Всероссийского научного семинара

26 октября 2023 года



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДОСТУПНОСТИ
АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ**

Материалы IV Всероссийского научного семинара

26 октября 2023 года

Санкт-Петербург
2023

УДК 69(063)

Рецензенты:

канд. воен. наук, профессор, завкафедрой *А. С. Афанасьев*
(Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II);
д-р техн. наук, доцент, завкафедрой *П. А. Пегин*
(Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I)

Техническое обеспечение доступности Арктических регионов : Материалы IV Всероссийского научного семинара [26 октября 2023 г.] / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2023. – 139 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1342-9

Представлены статьи участников IV Всероссийского научного семинара, прошедшего 26 октября 2023 г. на базе автомобильно-дорожного факультета Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета.

Печатается по решению Научно-технического совета СПбГАСУ

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор кафедры наземных
транспортно-технологических машин *А. Е. Пушкарев* (СПбГАСУ);

д-р техн. наук, профессор кафедры
транспортных систем *А. В. Терентьев* (СПбГАСУ);

канд. техн. наук, ассистент кафедры наземных
транспортно-технологических машин *У. Н. Мейке* (СПбГАСУ)

Секретарь редколлегии:

аспирант кафедры наземных
транспортно-технологических машин *Д. С. Орлов* (СПбГАСУ)

ISBN 978-5-9227-1342-9

© Авторы статей, 2023

© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2023

УДК 656.02

Николай Сергеевич Соколов,
канд. техн. наук, доцент,
завкафедрой
(Чувашский государственный
университет имени И. Н. Ульянова)
Александр Евгеньевич Пушкарёв,
д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
Александр Сергеевич Афанасьев,
канд. воен. наук, профессор,
завкафедрой
(Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II)
E-mail: ns_sokolov@mail.ru,
pushkarev-agn@mail.ru,
a.s.afanasev@mail.ru

Nikolay Sergeevich Sokolov,
PhD in Sci. Tech. Chuvash, Associate
Professor, Head of the Department
(Chuvash State University
named after I. N. Ulyanov)
Alexander Evgenyevich Pushkarev,
Dr. Sci. Tech, Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
Alexander Sergeevich Afanasyev,
PhD in Sci. Mil., Professor,
Head of the Department
(St. Petersburg
Mining University)
E-mail: ns_sokolov@mail.ru,
pushkarev-agn@mail.ru,
a.s.afanasev@mail.ru

**ОПЫТ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**EXPERIENCE IN GEOTECHNICAL
CONSTRUCTION IN CONFINED SPACES**

Проблема повышения несущей способности оснований всегда является актуальной задачей в современном геотехническом строительстве. Она приобретает особую важность при строительстве на склонах, изрезанных оврагами. Как правило строительство на поверхностях склонов вследствие разгрузок фильтрационных потоков в виде родников всегда является проблематичным мероприятием.

Гидрогеологические процессы зачастую приводят пересеченные поверхности предназначенные для возведения объектов в неустойчивые состояния приводя их к оползневоопасным. Тем самым безопасное возведение зданий и сооружений на таких территориях всегда сопровождается с одновременным возведением удерживающих заглубленных строительных конструкций. Наиболее конкурентными удерживающими конструкциями являются монолитные железобетонные уголкового подпорные стены возводимые на буровых сваях и закрепляемые грунтовыми анкерами. В статье приведены примеры использования буроньекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) и грунтовых анкеров ЭРТ.

Ключевые слова: удерживающие заглубленные конструкции, геотехническое строительство, электроразрядная технология ЭРТ, буроинъекционная свая ЭРТ, монолитный железобетонный ростверк.

The problem of increasing the bearing capacity of foundations is always an urgent task in modern geotechnical construction. It becomes especially important in the case of construction on slopes cut by ravines. As a rule, construction on slope surfaces is always problematic due to the discharge of filtration flows in the form of springs. Hydrogeological processes often lead to crossed surfaces intended for the construction of objects in unstable states, leading them to landslide-prone. Thus, safe construction of buildings and structures on such territories is always accompanied with simultaneous construction of retaining buried building structures. The most competitive retaining structures are monolithic reinforced concrete corner retaining walls erected on bored piles and secured by ground anchors. The article gives examples of using bored-injection piles ERT (RIT, FORST, ERST) and ground anchors ERT.

Keywords: retaining buried structures, geotechnical construction, electrical discharge technology ERT, bored-injection pile ERT, monolithic reinforced concrete foundation.

Введение

Современное капитальное строительство в основной своей массе приурочено к территориям сильно пересеченным оврагами, склонами [1–3]. Как правило такие строительные площадки характеризуются и относятся к неустойчивым в связи с тем, что на их наклонных поверхностях происходит разгрузка фильтрационных потоков. При нарушении статического равновесия фильтрационные процессы на склонах в большинстве геотехнических случаях приводят [4–7] к затоплению строительных котлованов, водонасыщению инженерно-геологических элементов слагающих инженерно-геологические разрезы оснований застраиваемых объектов. В случае квалифицированного подхода к инженерной подготовке площадки строительства в таких условиях возможно избежание негативных факторов. Так, например, в современной геотехнической практике широко внедрены буроинъекционные сваи ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) в качестве заглубленных конструкций [8, 9]. Их использование в комплексе с грунтовыми анкерами позволяет обеспечивать устойчивость склонов [10, 11], включая в их совмест-

ную статическую работу уголкового монолитного железобетонного подпорного стены [11, 12]. В рассматриваемой статье приводятся ряд успешно выполненных геотехнических объектов на склонах в различных регионах Среднего Поволжья, осуществленных при непосредственном участии авторов статьи.

Объект № 1

Монолитная железобетонная уголкового подпорная стена как заглубленная удерживающая конструкция на сваях буроинъекционных ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) на склоне Окского съезда в г. Н. Новгород. Подпорная возведена в связи с расширением в сторону склона правостороннего берега реки Ока двухстороннего автомобильного движения в одностороннюю автомобильную дорогу. В связи с размещением одной полосы прямо на склоне возникла необходимость устройства четырех уголкового монолитного железобетонного подпорных стен (см. рис. 1а) на буроинъекционных сваях ЭРТ (рис. 1б). Архитектурную изящность подпорных стен можно наблюдать с Комсомольской площади. Все четыре подпорные стены по их верхам выливаются в одну наклонную прямую линию. Надежная эксплуатация подпорных стен указывает на правильность выбора технического решения.

Объект № 2

Ленточное свайное поле из буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) объединенное монолитным железобетонным ростверком как заглубленное удерживающее сооружение вдоль улицы Пожарской в г. Нижний Новгород (см. рис. 2, а и 2, б). Необходимость возведения такой строительной конструкции вызвано в связи со строительством пятиэтажной гостиницы «Москва». Следует отметить, изначально был проект свайного поля из буронабивных свай диаметром $d = 630,0$ мм. В связи с невозможности стесненностью строительной площадки решено было перейти на буроинъекционные сваи ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ). Гостиница сдана уже более пяти лет назад и к надежной эксплуатации подпорной стены ни у кого вопросов нет.

Объект № 3

Заглубленные удерживающие железобетонные конструкции с использованием буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ), грунтовых анкеров ЭРТ и монолитных железобетонных уголкового подпорных стен в г. Чебоксары (см. рис. 3). Необходимость проектирования и устройства монолитных железобетонных уголкового подпорных стен совместно с буроинъекционными сваями ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) и грунтовыми анкерами ЭРТ возникла в связи с горизонтальными перемещениями прислоненного склона и деформациями возведенных на нем объектов. Изначально был осуществлен проект удерживающих конструкций их буронабивных свай диаметром $d = 630,0$ мм в один ряд с устройством монолитного железобетонного обвязочного пояса. При анализе причин деформаций выяснилось несколько огрехов. Во первых, в качестве заглубленных конструкций использована однорядная схема устройства свай, что не допустимо с точки зрения соблюдения жесткости конструкции. Во-вторых, она устроена только по основанию склона. Нужно было устроить удерживающие строительные конструкции еще по верху склона. Таким образом, использование на объекте буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) и грунтовых анкеров ЭРТ в комплексе с монолитными железобетонными уголковыми подпорными стенами позволило обеспечить безаварийной эксплуатации прислоненного склона.



а)



б)

Рис. 1. Монолитная железобетонная уголкового подпорная стена как заглубленная удерживающая конструкция на буроинъекционных сваях ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) на склоне Окского съезда в Нижнем Новгороде

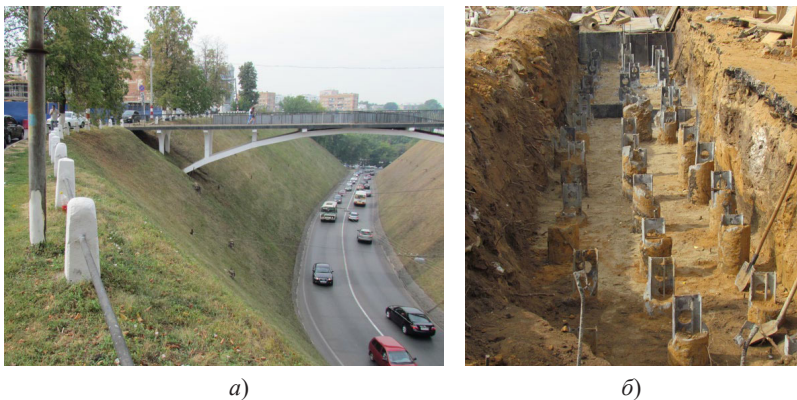


Рис. 2. Ленточное свайное поле из буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) вдоль улицы Пожарской в Нижнем Новгороде



Рис. 3. Заглубленные удерживающие железобетонные конструкции с использованием буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ), грунтовых анкеров ЭРТ и монолитных железобетонных угольковых подпорных стен в г. Чебоксарах

Литература

1. *Ильичев В. А., Мангушев Р. А., Никифорова Н. С.* Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. *Hassiotis S, Chamcau J. L., Gunaratne M.* 1997. Design method for stabilisation of slopes with piles. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 123 (4). 314–323.
3. *Lee J. H., Salgado R.* 1999. Determination of pile base resistance in sands. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 125 (8). 673–683.
4. *Mandolini A., Russo G., Veggiani C.* 2005. Pile foundations: experimental investigations, analysis and design. *Ground Engineering* 38 (9): 34–38.
5. *Nikiforova N. S.* Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // The pros, of the 7th Int. Symp. “Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16–18 May, 2011, to28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
6. *Petrukhin V. P.* Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Prague, 2003.
7. *Triantafyllidis Th.* Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22–27 September 2007. Vol. – P. 683–688.
8. *Соколов Н. С.* Технологические приемы устройства буринъекционных свай с многоместными уширениями // Жилищное строительство. 2016. 10. С. 54.
9. *Соколов Н. С., Соколов С. Н., Соколов А. Н.* Несоответствия в надежной эксплуатации объекта культурного наследия – Чувашского драматического театра им К. В. Иванова // Жилищное строительство. № 4. 2023. Стр. 70–75.
10. *Соколов Н. С., Петров М. В., Иванов В. А.* Проблемы расчета буринъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. 2014. С. 415–420.
11. *Соколов Н. С., Соколов А. Н., Соколов С. Н., Глушков В. Е., Глушков А. В.* Расчет буринъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности // Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20–25.
12. *Соколов Н. С., Соколов С. Н., Соколов А. Н.* Опыт восстановления здания Введенского кафедрального собора в городе Чебоксары // Геотехника. 2016. № 1. С. 60–65.

УДК 621.311.243

Николай Сергеевич Соколов,
канд. техн. наук, доцент,
завкафедрой
(Чувашский государственный
университет имени И. Н. Ульянова)
Александр Евгеньевич Пушкарёв,
д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ns_sokolov@mail.ru,
pushkarev-agn@mail.ru

Nikolay Sergeevich Sokolov,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor,
Head of the Department
(Chuvash State University
named after I. N. Ulyanov)
Alexander Evgenyevich Pushkarev,
Dr. Sci. Tech., Professor.
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ns_sokolov@mail.ru,
pushkarev-agn@mail.ru

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ ОПЫТ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ

GEOTECHNICAL EXPERIENCE IN REINFORCING FOUNDATION FOOTINGS

Реконструкция как одна из направлений строительства требует специфического подхода. Как правило она предполагает усиление основания фундаментов в связи с появившимися повышенными нагрузками на них. При этом существует в современном геотехническом строительстве широкий ряд технологий способствующих осуществлять задачу связанную с усилением оснований. Не все технологии гармонично приспособлены для выполнения этой задачи. На наш взгляд наиболее приспособлена для этой цели электроразрядная геотехническая технология устройства буроинъекционных свай ЭРТ. Рассматривается случай усиления основания фундаментов трехэтажного здания общественного назначения. Статья является обзорной.

Ключевые слова: геотехническое строительство, электрогидравлика, буроинъекционные сваи ЭРТ, стесненные геотехнические условия, усиление основания фундаментов.

Reconstruction as one of the areas of construction requires a specific approach. As a rule, it implies strengthening of foundations due to increased loads on them. In modern geotechnical construction, there is a wide range of technologies that facilitate the task of foundation reinforcement. Not all technologies are harmoniously adapted for this task. In our opinion, the most suitable for this purpose is the electro-discharge geotechnical technology of bored-injection

piles ERT. The case of foundation reinforcement of the foundations of a three-storey public building is considered. The article is a review.

Keywords: geotechnical construction, electrohydraulics, ERT bored piles, constrained geotechnical conditions, foundation reinforcement.

Введение

К строительству зданий и сооружений в стесненных условиях инженеры строители, инженеры геотехники, инженеры проектировщики всегда уделяют пристальное внимание [1–10]. Особо актуальным является геотехническое строительство при усилении основания фундаментов деформированных зданий, в случае надстройки дополнительных этажей или при перепланировке с изменением расчетной схемы здания или сооружения [11–20]. Оно предполагает ювелирного отношения к реконструируемому зданию, так и к объектам окружающей застройки в зоне геотехнического влияния. Ниже рассматривается случай из геотехнической практики усиления основания фундаментов трехэтажного кирпичного здания с неполным каркасом. Объект реконструкции находится в городе Чебоксары на одной из оживленных центральных улиц (см. рис. 1).

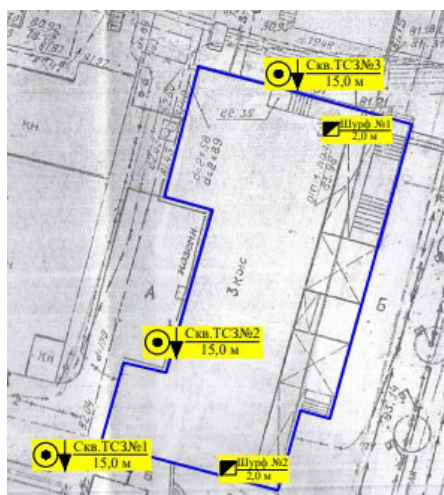


Рис. 1. Выкопировка с топографического плана участка строительства

Техническое состояние объекта на основании обследования характеризуется согласно классификации СП 22.13330.2016 как «ограниченно работоспособное». Обнаружены прогрессирующие деформационные трещины достигающие ширины раскрытия до 30,0 мм, приуроченные в основном к низинной части здания. При этом перепад деформаций за время эксплуатации в течение более 50 лет достигла 25,0 см. Деформации приурочены к северной стороне объекта – в сторону пониженной части рельефа. Они продолжают развиваться.

В инженерно-геологическом строении исследованного участка объекта реконструкции в процессе буровых, опытных и лабораторных исследований настоящих изысканий до разведанной глубины $d = 15,0$ м выделены (сверху-вниз): верхнечетвертичные образования проблематичного генезиса и среднечетвертичные элювиально-делювиальные образования, перекрытые сверху техногенными грунтами.

С поверхности и до глубины 3,20 м по всей площадке вскрыты техногенные отложения, представленные суглинками коричневыми, с включением мелкого строительного мусора и почвы с дорожной конструкцией в кровле.

Под техногенными грунтами на глубине 2,0–3,2 м (абс. отм. колеблется в пределах 79,11–80,62 м) залегают верхнечетвертичные образования проблематичного генезиса, представленные супесями лессовидными, светло-коричневыми, серовато-коричневыми, ожелезненными, с точками гумуса в кровле, с известковыми стяжениями, с серыми вкраплениями, мощностью от 8,7 м до 10,6 м (см. рис. 2).

Среднечетвертичные элювиально-делювиальные образования вскрытые под верхнечетвертичными образованиями проблематичного генезиса с глубины 11,70–12,60 м (абс. отм. колеблется в пределах 68,51–71,95 м), представлены суглинками буровато-коричневыми, ожелезненными, опесчаненными, с включением коренных пород (глина красная, мергель, песок, известняк и др.).

На основании анализа буровых, опытных и лабораторных материалов в соответствии с ГОСТами 25100-2020 «Грунты. Классификация» и 20522-2012 «Методы статистической обработки

результатов испытаний» в инженерно-геологическом разрезе исследованного участка выделено 3 инженерно-геологических элемента:

1. Суглинки легкие песчанистые, тугопластичные;
2. Супеси песчанистые, пластичные, непрасадочные;
3. Суглинки легкие песчанистые, полутвердые.

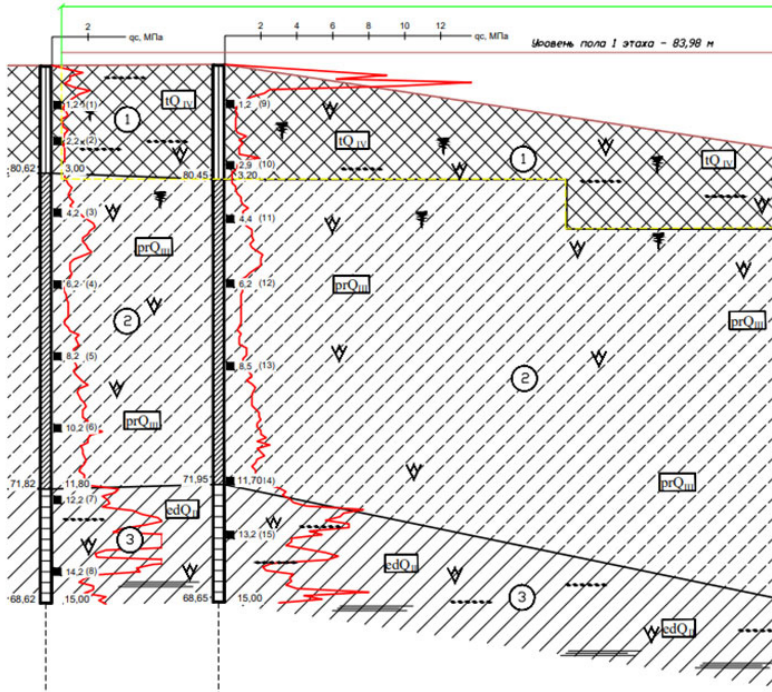


Рис. 2. Инженерно-геологический разрез

На период проведенных инженерно-геологических изысканий (август, 2023 г.) гидрогеологические условия участка работ характеризуются отсутствием подземных вод в пределах глубины бурения до 15,0 м.

В периоды весеннего паводка, выпадения обильных осадков, а также при аварийных утечках из водонесущих коммуникаций и стока поверхностных вод с асфальтированных поверхностей

возможно образование локального горизонта поверхностных вод типа «верховодки» на глубине водонесущих коммуникаций – 2,0 м.

Анализируя возможные типы и конструкции усиления основания фундаментов наиболее приспособленной к реальным условиям реконструкции принята геотехническая технология устройства буроинъекционных свай по электроразрядной технологии ЭРТ.

Эта технология апробирована на значимых объектах [10–20]. Ниже в позициях 1–10 приведена последовательность устройства таких свай и обязательные требования предъявляемые к ним.

1. Обязательным условием ведения работ на данной площадке является проведение геотехнического мониторинга для объекта реконструкции.

В соответствии с требованиями приложения «Е» свода правил СП 22.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП «Основания зданий и сооружений» значение предельной дополнительной деформации основания фундаментов для одноэтажных и многоэтажных бескаркасных зданий со стенами из кирпича или крупных блоков без армирования не должно превышать 2,0 см при ограниченно-работоспособном техническом состоянии сооружения.

2. Конструирование буроинъекционных свай ЭРТ

Сваи запроектированы буроинъекционные наклонные сплошного поперечного сечения диаметром бурения 150,0 мм, армированы на всю высоту пространственными арматурными каркасами;

Принятая маркировка свай: Ср-17-15 (длина $l = 17,0$ м, буровой диаметр 150 мм), Ср-16-15 (длина $l = 16,0$ м, буровой диаметр 150,0 мм), Ср-15-15 (длина $l = 15,0$ м, буровой диаметр 150 мм) Ср-14-15 (длина $l = 14,0$ м, буровой диаметр 150,0 мм);

Заделка верха (оголовка) сваи в сборный железобетонный фундамент должна составлять не менее 1000,0 мм.

3. Материалы буроинъекционных свай ЭРТ

Самоуплотняющиеся мелкозернистые бетонные смеси класса по прочности В25, марки по водонепроницаемости не ниже W8 в соответствии с ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые.

Технические условия», приготовленные на строительной площадке или на специализированных бетонных заводах.

Мелкозернистая бетонная смесь должна соответствовать требованиям ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия».

Удобоукладываемость бетонной смеси П4...П5, проверяется по конусу АЗНИИ.

Водоотделение мелкозернистой бетонной смеси не более 2 %.

Бетонная смесь не должна иметь включений щебня и гравия размером более 10,0 мм.

Для бетонных смесей следует использовать портландцемент без минеральных добавок марки по прочности не ниже М500.

Заполнителем для бетона служит кварцевый песок. Допускается применение чистых мелких песков с модулем крупности не менее 1,7.

При изготовлении свай допускается использовать следующие добавки: суперпластификаторы, ускорители твердения, замедлители схватывания, ингибиторы коррозии и противоморозные добавки.

Вода для бетонной смеси – водопроводная и техническая, не содержащая сахаров и фенолов более 10 мг/л, нефтепродуктов и жиров. Водородный показатель (рН) должен колебаться в пределах от 4,0 до 12,5.

Запрещается добавлять в бетонную смесь воду для увеличения ее подвижности. Подбор состава мелкозернистой бетонной смеси с определением состава и количества добавок выполняется строительной лабораторией.

Армирование свай предусмотрено на всю длину и выполняется отдельными секциями из пространственных сварных каркасов. Соединение этих каркасов между собой следует выполнять внахлестку с применением вязальной проволоки диаметром 1,5–2,0 мм.

В качестве продольных стержней пространственного каркаса принята арматура диаметром 12,0 мм класса А500С. Поперечное армирование из арматуры диаметром 8,0 мм класса А240. Защитный слой бетона должен быть не менее 30,0 мм.

Жесткость пространственного каркаса обеспечивается стальными кольцами из труб диаметрами по 54,0 мм с толщиной стенки не менее 3 мм.

Для обеспечения защитного слоя бетона предусмотрены центраторы из стальных полос шириной по 20,0 мм толщиной 4,0 мм в количестве не менее 5-ти в одном поперечном сечении арматурного каркаса с шагом по длине каркаса не более 1,5 м.

Ручная дуговая сварка элементов пространственного каркаса между собой осуществляется электродами типа Э42А, Э46А, Э50А.

Для изготовления сварных каркасов применять арматуру из стали марки 35ГС запрещается.

4. Изготовление свай буриинъекционных ЭРТ

Технологическая последовательность изготовления свай включает следующие операции:

Формирование скважины требуемой глубины и диаметра шнековым бурением.

Нагнетание (инъекция) в скважину мелкозернистой бетонной смеси.

Электроразрядная обработка грунта стенок и устья скважины, заполненной бетонной смесью.

Установка пространственных арматурных каркасов с одновременной их стыковкой между собой.

При устройстве свай последующая скважина должна устраиваться не менее чем за 2,0 м от предыдущей. Бурение скважин рядом с ранее изготовленными сваями допускается лишь по прошествии не менее 48 часов после окончания бетонирования последних.

До начала работ должны быть обозначены охранные зоны существующих подземных и воздушных коммуникаций, а также подземных сооружений с указанием охранной зоны, устанавливаемой в соответствии с позицией 3.22 СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты».

В случае обнаружения не указанных в проекте подземных сооружений, коммуникаций или обозначающих их знаков работы должны быть приостановлены, на место работы вызваны представители заказчика и организаций, эксплуатирующих обнаруженные коммуникации, и приняты меры по предохранению обнаруженных подземных устройств от повреждения. Допускается вынос заказчиком

существующих коммуникаций из зоны производства работ при наличии письменного разрешения эксплуатирующих организаций.

5. Формирование скважины бурением

Бурение шнековое следует выполнять в соответствии с проектом производства работ.

Установка для бурения УБГ-СГ «БЕРКУТ».

В процессе бурения следует контролировать параметры грунта на глубине: установить характеристики грунта основания по остаткам грунта на элементах бурового инструмента, зафиксировать этот факт соответствующей записью в журнале свайных работ. Установить соответствие грунта, обнаруженного в забое скважины и учтенного в проекте в основании свай.

При несоответствии глубины заделки бурового инструмента в этот грунт, а также при наличии по длине скважины неустойчивых грунтов, приостановить работы и пригласить представителей проектной организации для принятия решения (корректировка длины, изменение количества свай и т. д.). Работы можно продолжить только после получения разрешения представителя авторского надзора, которое должно быть оформлено в Журнале авторского надзора.

Подъем бурового инструмента следует проводить медленно после того, как будет установлено, что в забое скважины не создается пониженное давление относительно бытового давления грунта.

Бетонирование скважин должно производиться не позднее 8 часов после окончания бурения. При невозможности бетонирования в указанный срок бурение скважин начинать не следует.

6. Нагнетание (инъекция) скважины мелкозернистой бетонной смесью

Нагнетание мелкозернистой бетонной смеси осуществляется до устья скважины через инъекционную трубу – иньектор диаметром не менее 40 мм, опускаемую до забоя скважины. После достижения забоя, скважина должна быть промыта бетонной смесью. Промывка бетонной смесью продолжается до прекращения всплытия частиц грунта.

Приготовление мелкозернистого бетона производить на строительной площадке непосредственно перед его нагнетанием в скважину. Для приготовления и подачи бетона применяется пневморасстворонагнетатель ПРН-500 (ПРН-300). Бетон нагнетается под давлением 0,5–5,0 МПа.

Следует контролировать объем закачиваемой в скважину бетонной смеси, сопоставляя его с проектным, и объемом выбуренного грунта, причем объем закачанной в скважину мелкозернистой бетонной смеси не должен превышать 2,5 объема выбуренного грунта.

Перерывы в подаче отдельных порций бетонной смеси не должны превышать срока схватывания, установленного лабораторией.

7. Электроразрядная обработка грунта стенок и устья скважины, заполненной мелкозернистой бетонной смесью

Мощность накапливаемой энергии не менее 40,0 кДж.

Формирование тела сваи по длине ствола выполнять ярусами с шагом ярусов электро-разрядной обработки 1,0 м и количестве электровзрывов на каждом горизонте не менее 5.

Верхняя часть ствола сваи на глубину 3,0 м электроразрядной обработке не подвергается. В процессе формирования тела сваи необходимо периодически доливать бетонную смесь до устья. Долив смеси производить после перемещения излучателя вверх на новый горизонт и снижения уровня бетонной смеси.

По результатам контроля падения уровня бетонной смеси в опытной скважине или объема добавляемой бетонной смеси и сейсмических возмущений в зоне формирования геотехнического элемента, при необходимости, откорректировать программу обработки свай электрическими разрядами.

8. Монтаж пространственных армокаркасов

Нижнюю секцию арматурного каркаса погружают в скважину и вывешивают для соединения со второй секцией. Верхнюю секцию устанавливают соосно нижней, и секции стыкуют между собой.

Необходимо контролировать положение арматурного каркаса после установки его в проектное положение. Каркас закрепить от погружения и смещения в плане.

При погружении арматурного каркаса в скважину допускается:

Вращение каркаса вокруг продольной оси;

Использование вибраторов, вибропогружателей общей мощностью до 5,0 кВт;

Поднятие на высоту до 4,0 м и опускание пространственного каркаса: погружение «в расходку».

Если при погружении пространственного арматурного каркаса в скважину, встретится препятствие и каркас не будет погружаться, следует:

Арматурный каркас извлечь из скважины;

Установить заливочную колонну на забой скважины;

Промыть скважину бетонной смесью, до выхода на поверхность комков разуплотненного грунта;

Убрать заливочную колонну;

Опустить арматурный каркас в скважину.

Секции каркасов перед установкой следует очистить от случайно налипшего не него грунта.

9. Уход за бетоном

В течение первых двух суток после изготовления свай следует контролировать уровень бетонной смеси в скважине и периодически через трубу-инъектор доливать бетонную смесь до устья скважины.

При формировании оголовков свай каждый слой бетонной смеси следует укладывать до начала схватывания бетона предыдущего слоя.

Сразу после окончания бетонирования, выступающие над поверхностью земли оголовки свай, включая выпуски арматуры, следует укрывать паро-теплоизоляционными материалами.

В процессе работ выпуски арматурного каркаса необходимо защищать от загрязнения. В начальный период ухода свежееуложенная бетонная смесь в оголовках свай должна быть защищена от обезвоживания укрытием влагонепроницаемым материалом.

10. Обеспечение качества изготовления буроинъекционных свай ЭРТ

Изготовление свай ЭРТ должны проводить организации, имеющие опыт геотехнических работ не менее 5 лет.

При изготовлении свай ЭРТ следует освидетельствовать:

- Планово-высотную привязку свай;
- Диаметр и глубину скважин на соответствие проекту;
- Вид грунта в основании сваи и его соответствие учтенному проектом (по остаткам на элементах бурового инструмента в основании сваи);
 - Уплотнение грунта в основании сваи, разрушенного буровым инструментом;
 - Соответствие арматурного каркаса проекту (число секций, длина, диаметр и класс арматуры рабочих стержней, узел соединения секций) и глубину погружения каркаса в скважину;
 - Качество приготавливаемой бетонной смеси (расход материалов, подвижность);
 - Глубину погружения заливочной колонны в скважину и качество заполнения скважин бетоном;
 - Затруднения при погружении арматурного каркаса под собственным весом в скважину (свободное погружение арматурного каркаса до проектной отметки – свидетельствует об отсутствии в скважине пережимов грунта и гарантирует сплошность ствола сваи).

Контроль прочности бетона осуществлять по ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности» и ГОСТ 10180-2012 «Бетоны».

Методы определения прочности по контрольным образцам» путем отбора проб бетонной смеси на месте ее изготовления и последующего твердения в нормальных условиях, отвечающих требованиям позиции 4.3.2 ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

Акты освидетельствования скрытых работ оформляются по форме, оговоренной в актуализированном СНиП 12-01-2004 «Организация строительства», должны составляться на заверченный процесс (сваю), выполненный самостоятельным

подразделением исполнителей (комплексной бригадой) в течение смены.

Не допускается выполнение последующих работ при отсутствии оформленных актов на скрытые работы на завершённые технологические процессы по изготовлению буроинъекционных свай ЭРТ, не освидетельствованные техническим надзором заказчика.

Геотехнические работы следует производить в соответствии с СП 72.13330.2016 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии», СП 70.13330.2012 Актуализированная редакция «СНиП 3.03.01-87.2013 Несущие и ограждающие конструкции», СП 48.13330.2010 Актуализированная редакция «СНиП 12-01-2004 Организация строительства», СП 49.13330.2010 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования», СНиП 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство», ТР 50-180-06 «Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности (сваи РИТ)», проект производства работ (ППР).

Качество основных материалов определяется требованиями Градостроительного кодекса и Закона о техническом регулировании, что должно быть подтверждено сертификатами соответствия, государственным стандартом РФ.

Ниже на рис. 3–9 приведены поперечные сечения (А-А)-(Ж-Ж) усиленных оснований фундаментов реконструируемого объекта.

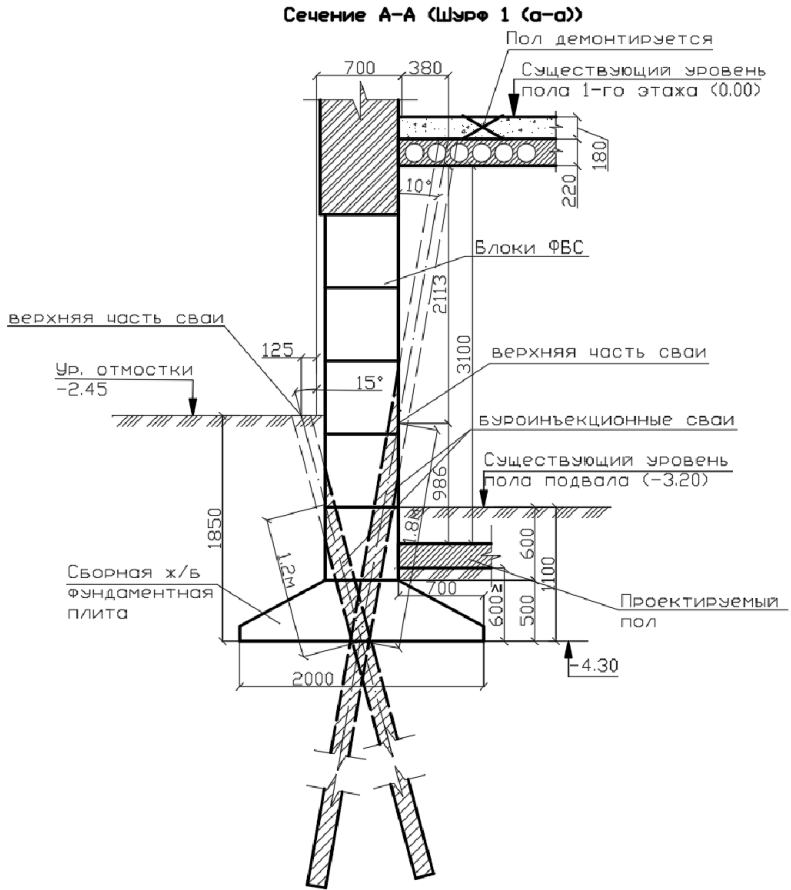


Рис. 3. Поперечное сечение А-А усиленного основания фундамента

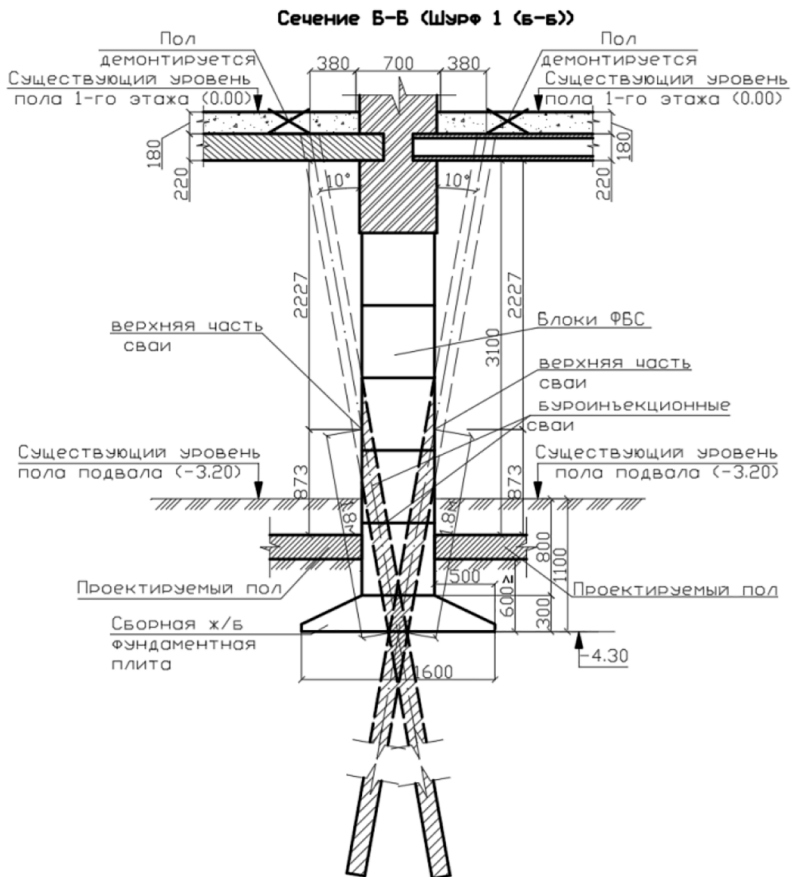


Рис. 4. Поперечное сечение Б-Б усиленного основания фундамента

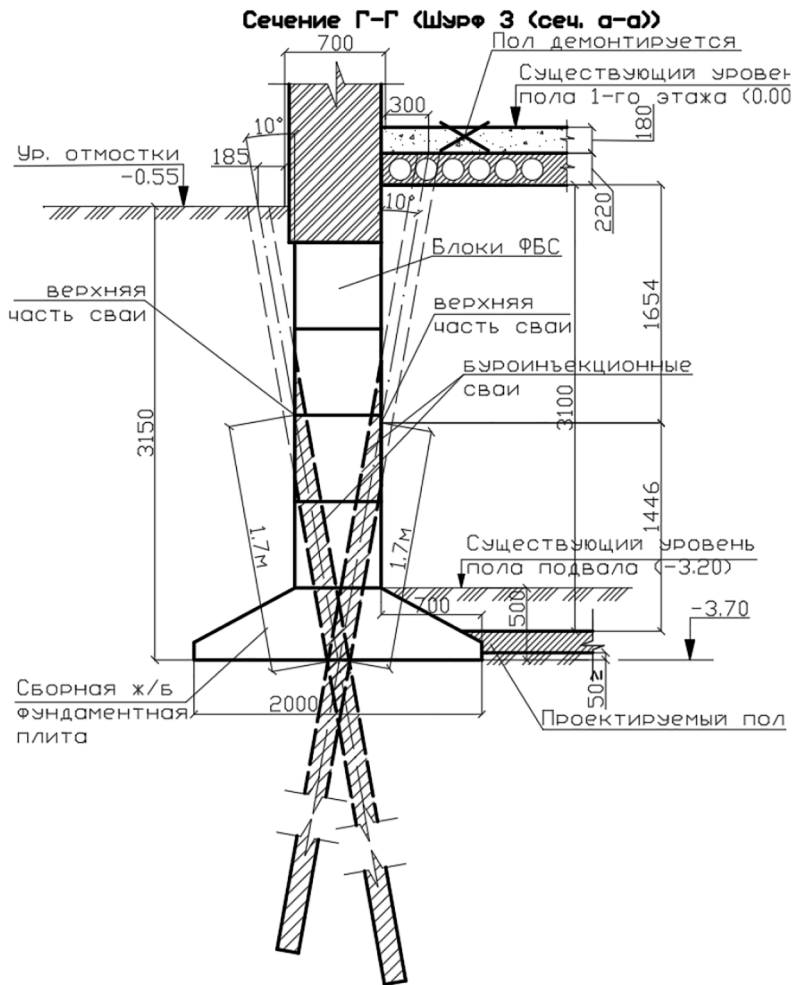


Рис. 6. Поперечное сечение Г-Г усиленного основания фундамента

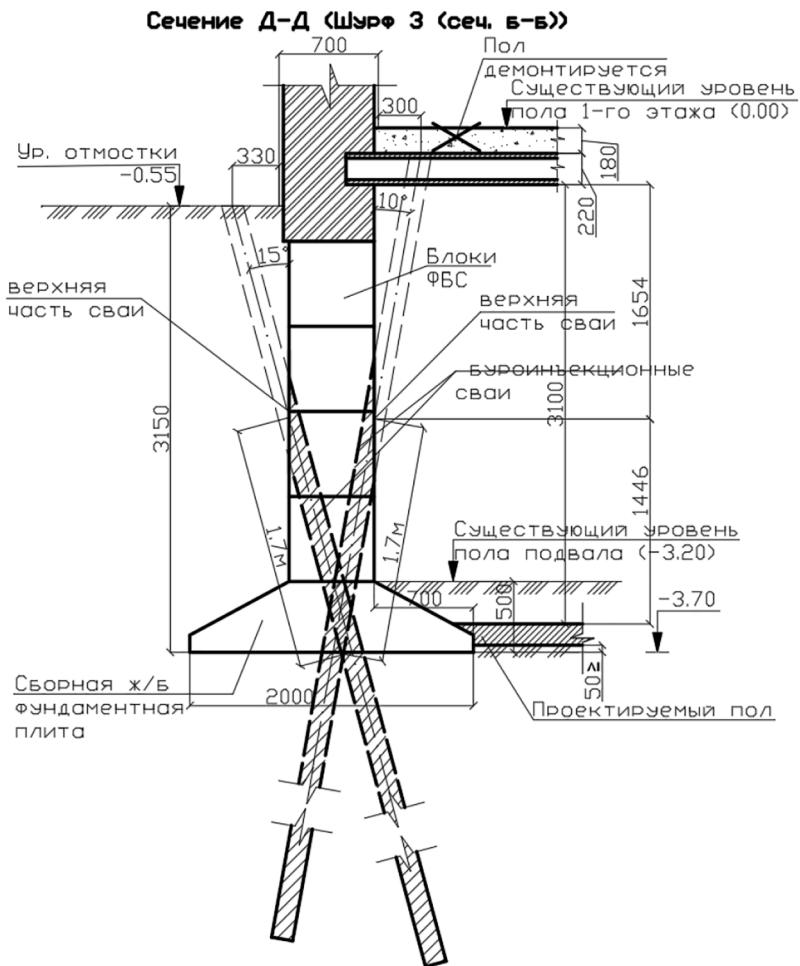


Рис. 7. Поперечное сечение Д-Д усиленного основания фундамента

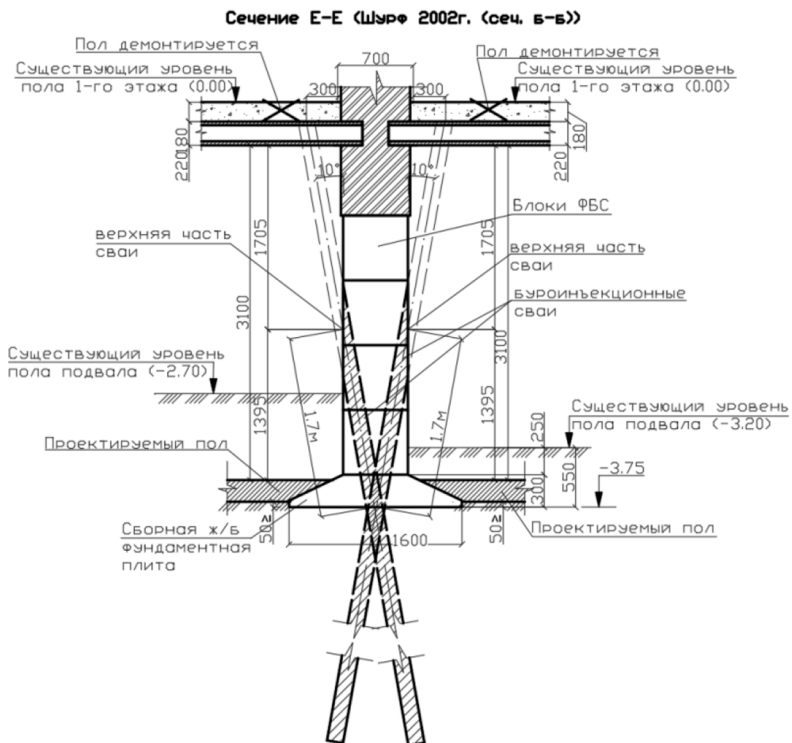


Рис. 8. Поперечное сечение Е-Е усиленного основания фундамента

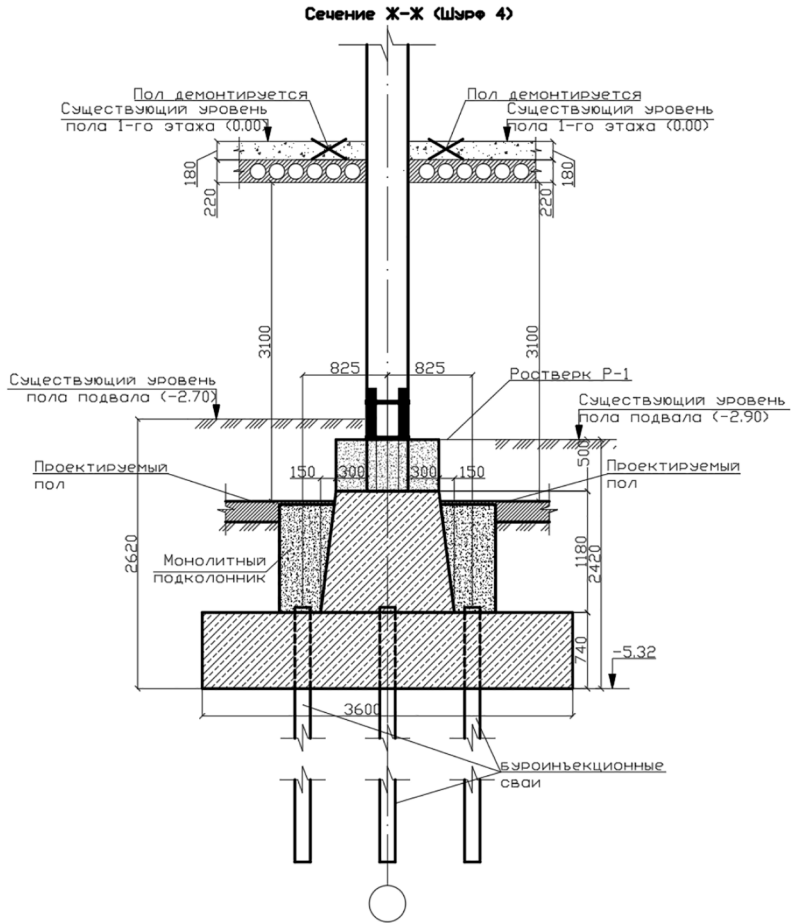


Рис. 9. Поперечное сечение Ж-Ж усиленного основания фундамента

Литература

1. Ильичев В. А., Мангушев Р. А., Никифорова Н. С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20. *ussian megacities underground space. Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov. 2012. №. 2, pp. 17–20. (In Russian).*
2. Улицкий В. М., Шашкин А. Г., Шашкин К. Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Георекострукция, 2010. 551 с.
3. Ilichev V. A., Konovalov P. A., Nikiforova N. S., Bulgakov L. A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow. Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3–17. New York, 2004, pp. 5–24.
4. Ilichev V. A., Nikiforova N. S., Koreneva E. B. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation trenches. Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24–27th September 2007. «Geo-technical Engineering in urban Environments». Vol. 2, pp. 581–585.
5. Ильичев В. А., Никифорова Н. С., Коннов А. В. Прогноз изменения температурного состояния основания здания в условиях потепления климата // Жилищное строительство. 2021. № 6. С. 18–24. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-6-18-24/>
6. Nikiforova N. S., Vnukov D. A. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development. The pros, of the 7th Int. Symp. «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16–18 May, 2011. tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157.
7. Nikiforova N. S., Vnukov D. A. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation. Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23–25 September 2004, pp. 338–342.
8. Petrukhin V. P., Shuljatjev O. A., Mozgacheva O. A. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction. Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Prague, 2003.
9. Тер-Мартirosян З. Г., Тер-Мартirosян А. З., Анжело Г. О. Взаимодействие щебеночной свай с окружающим грунтом и ростверком // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2019. № 3. С. 2–6.
10. Pivar J. Stone columns – determination of the soil improvement factor // Slovak journal of civil engineering. 2011. Vol. XIX. No. 3, pp. 17–21.
11. Соколов Н. С. Технологические приемы устройства буронабъекционных свай с многоместными уширениями // Жилищное строительство. 2016. 10. С. 54.
12. Sokolov N. S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them // Periodico Tche Quimica. 2018. T. 15. Special Issue 1. С. 1–11.

13. *Соколов Н. С., Петров М. В., Иванов В. А.* Проблемы расчета буронагнетательных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. 2014. С. 415–420.

14. *Соколов Н. С.* Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай. Строительные материалы. 2013. № 5. С. 44–47.

15. *Соколов Н. С.* Электроимпульсная установка для изготовления буронагнетательных свай // Жилищное строительство. 2018. № 1–2. С. 62–65.

16. *Соколов Н. С., Соколов С. Н., Соколов А. Н.* Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буронагнетательных свай ЭРТ // Строительные материалы. 2017. 5. С. 16–19.

17. *Никонорова И. В., Соколов Н. С.* Строительство и территориальное освоение оползнеопасных склонов Чебоксарского водохранилища. // Жилищное строительство. 2017. № 9. С. 13–19.

18. *Соколов Н. С., Соколов С. Н., Соколов А. Н., Федоров П. Ю.* Использование буронагнетательных свай ЭРТ в качестве оснований фундаментов повышенной несущей способности // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 9. С. 66–70.

19. *Соколов Н. С., Соколов С. Н., Соколов А. Н.* Опыт восстановления аварийного здания Введенского кафедрального собора в городе Чебоксары // Геотехника. 2016. 1. С. 60–65.

20. *Соколов Н. С.* Технология увеличения несущей способности основания // Строительные материалы. 2019. № 6. С. 67–71.

УДК 621.433

Марина Васильевна Бураковская,
канд. техн. наук, доцент
Леонид Игнатьевич Ковальчук,
д-р техн. наук, профессор
Евгений Александрович Абросимов,
канд. техн. наук, доцент
Оксана Григорьевна Фаустова,
канд. техн. наук, доцент
(Калининградский государственный
технический университет)
E-mail: bgarf1988@inbox.ru,
abrosimov.ea@bgarf.ru,
faustova.og@bgarf.ru

Marina Vasilievna Burakovskaya,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
Leonid Ignatievich Kovalchuk,
Dr. Sci. Tech., Professor
Evgeny Aleksandrovich Abrosimov,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
Oksana Grigorievna Faustova,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Kaliningrad State
Technical University)
E-mail: bgarf1988@inbox.ru,
abrosimov.ea@bgarf.ru,
faustova.og@bgarf.ru

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ ВЫБРОСОВ С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ АВТОМОБИЛЬНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITIES OF REDUCING TOXIC EMISSIONS FROM EXHAUST GASES FROM AUTOMOBILE ENGINES INTO THE ENVIRONMENT

Целью исследования является сравнительная оценка токсичных выбросов двигателями с принудительным зажиганием при работе на бензине и топливном газе. Для решения задачи были использованы экспериментально-теоретические модели разработанные на кафедре «Автомобильный транспорт и сервис автомобилей», БГАРФ, на основе стендовых испытаний V-образного двигателя 6Ч 9,1/7,3 (VOLVO B280F) с принудительным зажиганием, распределенной системой впрыска, который дополнительно был оснащен газобаллонным оборудованием четвертого поколения.

Ключевые слова: двигатель с принудительным зажиганием, оксид углерода, углеводороды, бензин, топливный газ, экологический эффект.

The purpose of the study is a comparative assessment of toxic emissions from engines with forced ignition when operating on gasoline and fuel gas. To solve the problem, experimental and theoretical models were used developed

at the Department of Automotive Transport and Automotive Service, BGARF, based on bench tests of a V-shaped engine 6CH 9.1/7.3 (VOLVO B280F) with forced ignition, distributed injection system, which was additionally equipped with fourth generation gas equipment.

Keywords: positive ignition engine, carbon monoxide, hydrocarbons, gasoline, fuel gas, environmental effect.

Одним из общепризнанных направлений снижения вредного воздействия двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на окружающую среду является переход к альтернативным топливам, в первую очередь перевод двигателей на питание газомоторным топливом (ГМТ). Наиболее перспективными из таких топлив являются природный газ (метан) и топливный газ (пропан-бутановые смеси). В настоящее время компримированный природный газ (КППГ) и сжиженный углеводородный газ (СУГ) являются наиболее подготовленными видами альтернативных топлив для использования в ДВС.

Использование газомоторного топлива в качестве альтернативного в ДВС представляется исключительно целесообразным. Наличие в стране его внушительных запасов, низкая отпускная цена по сравнению с жидким топливом, высокая скорость возврата вложенных средств, экологическая безопасность – по этим показателям в настоящее время ГМТ занимают первое место среди альтернативных топлив.

Экологические проблемы, особенно в городах, являются наиболее существенным фактором, стимулирующим перевод ДВС на газомоторное топливо. По данным различных источников, при правильно отрегулированном двигателе, работающем на ГМТ, выбросы оксида углерода сокращаются в 5–10 раз, а углеводородов в 2–3 раза, значительно снижается выделение парниковых газов [1–4].

При этом, как правило, не оговариваются условия, при которых были получены сравнительные оценки. Очевидно, что наиболее полная сравнительная оценка токсичных выбросов с отработавшими газами (ОГ) может быть дана в том случае, если располагать моделями, описывающими закономерности образования выбросов

на всех возможных эксплуатационных режимах при работе двигателя на жидком и газомоторном топливах [5–7].

Независимо от вида используемого топлива скоростные и нагрузочные режимы двигателей с искровым зажиганием изменяются в широких пределах. В последующем, для сравнительной оценки выбросов оксида углерода и углеводородов с ОГ при работе на бензине и газе были использованы модели приведенные в работах [3, 4, 8, 9].

В качестве исходной информации для построения моделей выбросов оксида углерода и углеводородов в этих работах использованы результаты стендовых испытаний по серии нагрузочных характеристик шестицилиндрового V-образного двигателя VOLVO B280F с искровым зажиганием, распределенной системой впрыска. На двигателе дополнительно было установлено газобаллонное оборудование четвертого поколения. В качестве топлива использовался сжиженный углеводородный газ марки ПБТ, ГОСТ Р 52087–2003. Испытания проводились без каталитического нейтрализатора в диапазоне частот вращения от 1400 до 2200 мин⁻¹, с шагом $\Delta n = 200$ мин⁻¹.

Для измерения токсичных выбросов с ОГ использовался многокомпонентный газоанализатор «Автотест – 02.03». Отбор проб производится на срезе выпускной системы, в которую для снижения температуры отработавших газов были вмонтированы дополнительные расширители, что позволило довести время замеров на каждом режиме до значений, предусмотренных технической характеристикой газоанализатора.

В процессе испытаний производились замеры следующих параметров:

S – перемещение дроссельной заслонки, мм;

G_t – часовой расход топлива, кг/ч;

n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹;

CO_b и CO_r – выбросы оксида углерода при работе двигателя на бензине и топливном газе, %;

CH_b и CH_r – выбросы углеводородов при работе двигателя на бензине и на топливном газе, %;

λ – коэффициент избытка воздуха.

На основе результатов замеров перечисленных информативных параметров, построены модели в соответствии с теоретическими предпосылками и алгоритмами, изложенными в работах [4, 9].

Для оценки выбросов оксида углерода при работе двигателя на бензине и топливном газе получены следующие уравнения:

- при работе на бензине:

$$\text{CO}_{60} = (12,144 \cdot n_o^2 - 14,005 \cdot n_o + 5,6939) \cdot S_o^2 + (-19,845 \cdot n_o^2 + 24,194 \cdot n_o - 9,2965) \cdot S_o + (9,7417 \cdot n_o^2 - 11,965 \cdot n_o + 4,3394), \quad (1)$$

- при работе на топливном газе:

$$\text{CO}_{70} = (0,5098 \cdot n_o^2 - 0,5926 \cdot n_o + 0,2052) \cdot S_o^2 + (-0,8936 \cdot n_o^2 + 1,0595 \cdot n_o - 0,3596) \cdot S_o + (0,4097 \cdot n_o^2 - 0,4835 \cdot n_o + 0,1726), \quad (2)$$

а для оценки выбросов углеводородов при работе двигателя на бензине и топливном газе получены уравнения:

- при работе на бензине:

$$\text{CH}_{60} = (23,626 \cdot n_o^2 - 51,57 \cdot n_o + 35,712) \cdot S_o^2 + (-36,969 \cdot n_o^2 + 88,427 \cdot n_o - 68,715) \cdot S_o + (14,526 \cdot n_o^2 - 40,245 \cdot n_o + 36,212), \quad (3)$$

- при работе на топливном газе:

$$\text{CH}_{70} = (29,181 \cdot n_o^2 - 71,789 \cdot n_o + 50,883) \cdot S_o^2 + (-28,094 \cdot n_o^2 + 92,4 \cdot n_o - 81,991) \cdot S_o + (-0,2139 \cdot n_o^2 - 24,603 \cdot n_o + 34,785). \quad (4)$$

Уравнения (1)–(2) и (3)–(4) позволяют дать сравнительную оценку выбросов оксида углерода и углеводородов в указанных пределах изменения скоростных и нагрузочных режимов.

Результаты сравнительных расчетов выбросов оксида углерода при работе двигателя на бензине и топливном газе представлены на рис. 1 в виде зависимости $\text{CO}_{70} = f(\text{CO}_{60})$, которая аппроксимирована полиномом первого порядка.

$$\text{CO}_{70} = 0,0151 \cdot \text{CO}_{60} + 0,0124. \quad (5)$$

Уравнение (5) удобно использовать для сравнительной оценки выбросов оксида углерода при работе двигателя на бензине

и топливном газе. Например, если выбросы $\text{CO}_{60} = 1,0$ при работе двигателя на бензине, то при работе двигателя на этом же режиме на топливном газе $\text{CO}_{70} = 0,0245$, то есть меньше в 36 раз; при $\text{CO}_{60} = 0,2$ и $\text{CO}_{70} = 0,1542$ выбросы оксида углерода меньше в 13 раз. Другими словами, при работе двигателя на топливном газе выбросы оксида углерода с ОГ многократно меньше в сравнении с выбросами при работе на бензине. С увеличением частоты вращения и нагрузки это различие меняется, в данном случае примерно по линейному закону.

Для сравнительной оценки выбросов углеводородов выполнены расчеты по уравнениям (3)–(4) для одних и тех же скоростных и нагрузочных режимов. Результаты расчетов приведены на рис. 2 в виде $\text{CH}_{70} = f(\text{CH}_{60})$, которая аппроксимирована полиномом первого порядка.

$$\text{CO}_{70} = 1,085 \cdot \text{CO}_{60} - 0,4682. \quad (6)$$

которые удобно использовать для сравнительной оценки при работе двигателя на бензине и топливном газе. Например, если выбросы углеводородов при работе двигателя на бензине равны $\text{CO}_{60} = 0,945$, то на этом же режиме при работе на топливном газе равны $\text{CO}_{70} = 0,557$, т. е. уменьшаются в 1,8 раза; если выбросы при работе двигателя на бензине равны $\text{CO}_{60} = 1$, то на топливном газе они будут равны $\text{CO}_{70} = 0,6168$, т. е. уменьшаются в 1,62. Другими словами, приведенные сравнительные оценки выбросов углеводородов с отработавшими газами при работе двигателя на бензине и топливном газе свидетельствуют о том, что существенное снижение выбросов углеводородов достигается на повышенных скоростных и нагрузочных режимах. Со снижением частоты и нагрузки это различие уменьшается, в данном случае примерно по линейному закону.

Таким образом, посредством перевода двигателей с принудительным зажиганием на газомоторное топливо появляется реальная возможность многократно уменьшить выбросы оксида углерода и углеводородов в окружающую среду.

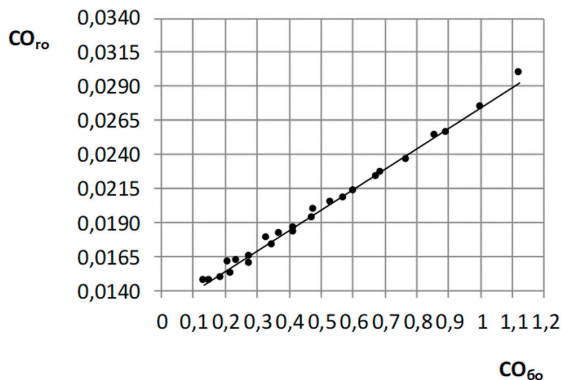


Рис. 1. Сравнительная оценка выбросов оксида углерода

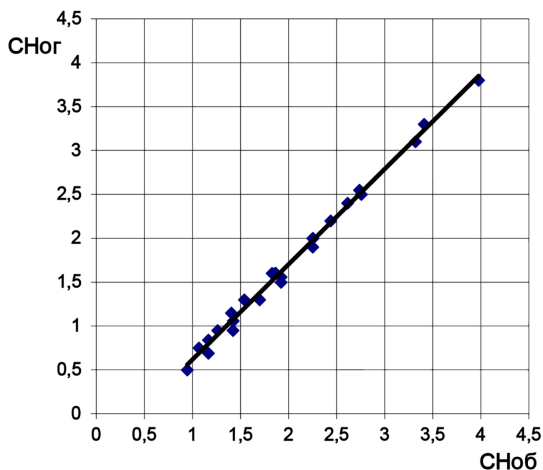


Рис. 2. Сравнительная оценка выбросов углеводородов

Следует отметить еще одно важное преимущество перевода двигателей с принудительным зажиганием на газомоторное топливо. Замеры токсичных выбросов на новых автомобилях, оборудованных трехкомпонентными каталитическими нейтрализаторами, показывают, что на установившихся режимах токсичные выбросы при работе на бензине практически равны нулю. На переходных

режимах работы токсичные выбросы появляются и удерживаются в зависимости от продолжительности переходного режима в течение 3...10 с. При работе двигателя на газомоторном топливе без каталитического нейтрализатора выбросы оксида углерода и углеводородов изменялись в указанных на рис. 1 и 2 пределах независимо от режима работы двигателя.

Одним из основных факторов, сдерживающих использование газомоторного топлива на автомобильном транспорте, является достаточно устойчивое мнение владельцев автомобилей о том, что переход на газомоторное топливо неизбежно сопровождается ухудшением энергетических и экономических показателей двигателя, эксплуатационных свойств автомобиля в целом. В этой связи следует признать целесообразным проведение экспериментальных исследований энергетических, экономических и экологических показателей автомобильных двигателей, оборудованных газобаллонным оборудованием пятого поколения, при их работе на бензине и газомоторном топливе в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов.

Наличие результатов таких исследований и их разъяснение в средствах массовой информации будет способствовать формированию у владельцев автомобилей положительной мотивации к переходу на топливный газ.

Практика эксплуатации газобаллонного оборудования показывает, что его эффективность существенно зависит от правильности настройки электронного блока (ЭБУ). В настоящее время при установке на автомобиль газобаллонного оборудования выполняется только предварительная настройка ЭБУ без нагрузки на холстом ходу, без дальнейшей настройки топливных карт на возможные эксплуатационные режимы. В связи с этим, важным является предварительная подготовка специалистов по установке газобаллонного оборудования на тренажерах, оборудованными имитаторами системы управления двигателем при работе на топливном газе и бензине. Имитатор воспроизводит процессы управления подачей бензина и топливного газа при различных частотах вращения коленчатого вала и нагрузках, что обеспечивает более точную настройку двигателя при работе на газомоторном топливе, от кото-

рой зависит надежность двигателя, его экологические, экономические и энергетические показатели.

Литература

1. *Морозов К. А.* Токсичность автомобильных двигателей. Москва : Легион, 2001. 80 с.
2. *Кульчицкий А. Р.* Токсичность поршневых ДВС. Образование вредных веществ при горении топлив: учеб. пособие. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. 80 с.
3. *Ковальчук Л. И., Мишачков И. В.* Экспериментально-теоретические модели выбросов диоксида углерода с отработавшими газами двигателем с принудительным зажиганием при работе на бензине и топливном газе // Известия Калининградского государственного технического университета. 2016. № 42. С. 205–212.
4. *Ковальчук Л. И., Соболин В. Н.* Экспериментально-теоретические модели для оценки выбросов углеводородов с отработавшими газами двигателем с принудительным зажиганием при работе на бензине и топливном газе // Известия Калининградского государственного технического университета. 2017. № 46. С. 143–149.
5. *Звонов В. А.* Токсичность двигателей внутреннего сгорания. М. : Машиностроение, 1981. 160 с.
6. *Базаров Б. И.* Экологическая безопасность автотранспортных средств. 2-е издание. Ташкент: ТАДИ, 2007. 104 с.
7. *Акопова Г. С., Власенко Н. Л., Давыдова Д. О.* Эколого-экономический анализ перспектив использования газомоторного топлива на автомобильном транспорте // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 6. С. 23–27.
8. *Ковальчук Л. И., Мишачков И. В.* Сравнительная оценка выбросов оксида углерода с ОГ двигателем с принудительным зажиганием при работе на бензине и топливном газе // Транспорт на альтернативном топливе. 2016. № 5(53). С. 40–45.
9. *Ковальчук Л. И., Мишачков И. В.* Формирование экспериментально-теоретических моделей токсичных выбросов с ОГ двигателя с искровым зажиганием при работе топливном газе // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 6 (42). С. 28–33.

УДК 621.311.243

Андрей Анатольевич Лакомкин,
аспирант

Александр Евгеньевич Пушкарёв,

д-р техн. наук, профессор

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: lakomkin.andrey@gmail.com,
pushkarev-agn@mail.ru

Andrei Anatolevich Lakomkin,
postgraduate student

Alexander Evgenievich Pushkarev,

Dr. Sci.Tech., Professor

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: lakomkin.andrey@gmail.com,
pushkarev-agn@mail.ru

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПРОВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

STATEMENT OF THE PROBLEM OF CARRYING OUT EARTHMOVING WORK IN EXTREMELY LOW TEMPERATURES

На сегодняшний день Арктика является перспективным направлением в Российской Федерации. Данный регион рассматривается для различных задач. В том числе, там преследуются задачи, связанные со строительством, а также с подготовительными работами. Для решения этих задач применяют землеройные машины: бульдозеры, экскаваторы, грейдеры и т. д. Однако эти решения имеют множество недостатков. Такая техника зачастую не предназначена для работы в низких температурах, а также для ее работы требуется не только оператор, но и множество рабочего персонала, а также станции технического обслуживания для проведения ТО и Р. Размещение людей а также пунктов технического обслуживания в условиях низких температур требует дополнительных затрат. А работа людей в таких условиях довольно сложная и часто может быть сопряжена с риском.

Ключевые слова: автономная землеройная машина, рабочие органы землеройных машин, алгоритмы управления.

Today, the Arctic is a promising destination in the Russian Federation. This region is considered for various tasks. Among other things, there are tasks related to construction, as well as preparatory work. To solve these problems, earth-moving machines are used: bulldozers, excavators, graders, etc. However, these solutions have many disadvantages. Such equipment is often not designed to work in low temperatures, and its operation requires not only an operator, but also a lot of working personnel, as well as service stations for maintenance and

repair. Accommodation of people and maintenance points in low temperature conditions requires additional costs. And the work of people in such conditions is quite difficult and can often be fraught with risk.

Keywords: autonomous earthmoving machine, working parts of earthmoving machines, control algorithms are false and can often be risky.

Введение

Целью данной работы является постановка задачи создания автономной землеройной машины для работы в условиях экстремально низких температур. Необходимо исследовать существующие решения данной задачи и выявить их недостатки. Также необходимо изучить существующие технические решения, которые можно применить в разрабатываемой концепции, проанализировав их особенности.

Выбор рабочих органов

Так как задачей, которую должна выполнять разрабатываемая автономная машина являются подготовительные работы в регионах с низкими температурами, необходимо перечислить процессы взаимодействия с грунтом. Они в себя включают копание, послонное срезание, измельчение мерзлого грунта и плотных пород, а также профилирование. Данную задачу решают бульдозеры, грейдеры и экскаваторы, снаряженные ковшем, а также гидромолотом. Таким образом можно выделить 4 рабочих органа. Бульдозерный отвал, грейдерный отвал, ковш, гидромолот. Чтобы их разместить на одной машине, их необходимо скомпоновать. С одной стороны установить отвал, который будет обладать функцией поворота, подъема, возможно функцией регулирования угла резания, путем изменения наклона. С другой стороны установить стрелу с рукоятью, на которой совместить ковш и гидромолот.

Варианты движителей

Движитель – устройство, преобразующее полученную энергию в движение техники. При выборе движителей необходимо руководствоваться следующими требованиями: выдерживать низкую температуру, иметь высокую проходимость, обладать безотказностью весь срок работы на объекте, обладать высокой маневренностью.

Колесное шасси

Из достоинств можно выделить простоту и массу различных компоновок по количеству, положению и управлению. Однако есть и недостатки. Зачастую используются пневмоколеса, но резина при низких температурах теряет свои качества. Помимо этого, можно отметить недостаточное пятно контакта, что негативно сказывается на тяговом усилии и проходимости, а также довольно большим удельным давлением на грунт. Но тут есть ряд возможных решений, например, опыт создания луноходов и марсоходов, где колеса могут быть изготовлены из металлической сетки или металлических сплавов, что позволяет исключить негативное влияние низких температур на резину.

Гусеничное шасси

Может быть изготовлено как из резины, так и металла. При использовании металлических гусениц отсутствует проблема снижения качеств резины при низких температурах.

Также у гусеничного шасси низкое удельное давление на грунт, высокий коэффициент сцепления и хорошая проходимость, что хорошо подходит для обозначенных условий эксплуатации. Однако недостатки тоже имеются. Например, большое количество пар трения в сегментах металлических гусениц, слетание гусениц, а также попадание камней под приводные ролики, что недопустимо в обозначенных условиях.

Шнековое шасси

Шнеки лишены недостатков пневмоколес. Не теряют качеств при низких температурах, имеют низкое удельное давление на грунт и самую высокую проходимость из всех обозначенных вариантов движителей, а также при использовании такого шасси, техника способна плавать. Но есть серьезный недостаток, а именно низкие ходовые качества при работе на плотном грунте.

Варианты трансмиссии

Трансмиссия – устройство, передающее энергию от силовой установки к движителям. При выборе трансмиссии не стоит за-

бывать о необходимой высокой надежности и способности работать при низких температурах.

Механическая

Классический вариант решения поставленной задачи, но он наделен множеством недостатков. Например, огромное количество пар трения, множество подвижных элементов, каждый может выйти из строя. Также необходимо учитывать работу в низких температурах, что связано с потерей смазывающих качеств трансмиссионных масел.

Гидростатическая

Такая трансмиссия применяется на машинах для землеройных работ и обладает своими особенностями. Малое количество пар трения и движущихся элементов, что хорошо сказывается на надежности, а также возможность дифференциального управления гидромоторами, что очень полезно при требуемой высокой маневренности.

Важный плюс – это высокая вариативность размещения силовой установки относительно движителей, так как нет жесткой связи между ними.

Электрическая

Обладает достоинствами гидростатической, и даже превосходит ее в некоторых случаях, например, еще меньше движущихся частей. Но есть и недостаток – высокая стоимость и наличие аккумуляторных батарей, которые в свою очередь имеют свои особенности использования при низких температурах.

Силовая установка

При выборе силовой установки необходимо учитывать следующие условия: обладать устойчивостью к низким температурам, иметь высокую надежность, обладать сроком службы без ТО и Р на протяжении всей работы на одном объекте, желателен по потреблению энергоемкое топливо, чтобы исключить дозаправку, так как она требует дополнительных решений, связанных с созданием

автономных заправочных станций, что усложняет проведение работ, а также снижает надежность комплекса.

Компактный ядерный реактор

Лучшее решение, когда требуется автономность, так как топливо обладает во много раз большей энергетической плотностью в сравнении с классическими вариантами. При таком решении не требуется дозаправка, а значит и какая-либо топливная инфраструктура. Также ядерный реактор выделяет большое количество тепла, которое будет полезно при обогреве техники и позволяет использовать разрабатываемую машину в качестве источника тепловой и электрической энергии после завершения работ. Из недостатков можно выделить высокую стоимость и низкую проработку в области компактных ядерных реакторов. Еще к недостаткам можно отнести высокие требования к безопасности, исходя из которых желательно дублировать системы: охлаждающий контур, блоки управления и прочие элементы, выход из строя которых может привести к аварии.

Дизельный двигатель

Классический вариант силовой установки. Из достоинств можно отметить высокий уровень проработки таких решений, в том числе и при низких температурах, а также низкую стоимость. Основной недостаток кроется в самом топливе, в отличие от ядерного оно обладает значительно низкой энергетической плотностью. Это означает, что для проведения работ потребуется значительное количество топлива, которое не разместить на борту машины, в связи с чем необходимо возвести топливную инфраструктуру, что обеспечит возможность производить дозаправку.

Алгоритмы управления

Так как разрабатываемая машина является автономной, алгоритмы управления – один из важнейших элементов. С помощью алгоритмов управления необходимо считывать показания с размещенных на машине датчиков и камер, затем руководствуясь поставленной задачей, передавать управляющее воздействие на

исполнительные механизмы: движители, органы управления, силовая установка.

Прямое

Оператор, основываясь на показатели различных датчиков, камер дает непосредственные команды на движение. По сути, в таком случае происходит тоже самое, если оператор находится в кабине, с разницей в том, что он находится на расстоянии.

Довольно простой способ, но имеет недостатки, а именно невозможен без хорошей связи без задержек, сигнал идет со скоростью света, которая конечна, соответственно при больших расстояниях будут задержки. А обеспечение постоянной качественной связи в полярных регионах имеет свои трудности. Также нужно учитывать, что для управления нужно передавать огромный объем данных, таких как изображение с камер.

Выполнение поставленной задачи

Ряд готовых алгоритмов встроен непосредственно в саму машину, то есть она «знает» основные наборы действий. Оператор, основываясь на полученной информации дает команду именно на выполнение задачи, а не конкретно на каждый узел машины. Такой метод не требует постоянной связи и высокой скорости соединения, однако требует написания алгоритмов для различных действий.

Искусственный интеллект

Не требует управления оператором. Машина сама исследует область работы, самостоятельно анализирует полученные данные и исходя из них выбирает режимы работы. Также в ходе работы происходит дообучение и подстраивание под условия.

Доставка к месту проведения работ

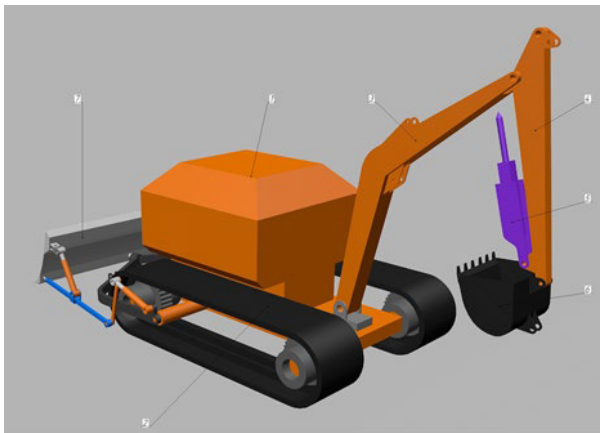
Так как предстоит выполнять подготовительные работы в условиях крайнего севера, стоит учитывать, что доступ техники к таким местам зачастую затруднен. Исходя из этих особенностей в разрабатываемую машину необходимо заложить возможность доставки различным транспортом. Тут можно выделить несколько

вариантов: доставка непосредственно к месту проведения работ, доставка в район проведения работ.

В первом случае разрабатываемую машину можно доставлять с помощью вездеходной техники или вертолета, значит необходимо предусмотреть крепления к транспортным средствам, учитывая особенности доставки, например возможность быстрого отделения тросов при доставке вертолетом.

Во втором случае необходимо преодолеть путь до объекта, так как не всегда есть доступ транспортирующему средству к месту проведения работ, например, доставка кораблем. В данном случае нужно предусмотреть движение машины своим ходом. Отдельным случаем является доставка самолетом, так как она наиболее удобна при работе в труднодоступном месте. Нет необходимости снижаться или осуществлять посадку, но необходимо предусмотреть не только крепления при транспортировке, но и парашютную систему, двигатели мягкой посадки, а также заложить возможность движения своим ходом до места проведения работ.

Вариант компоновки автономной землеройной машины



Вариант компоновки разрабатываемой машины: 1 – силовая установка; 2 – двигатель; 3 – стрела; 4 – рукоять; 5 – гидромолот; 6 – ковш; 7 – отвал

На рисунке представлено схематичное изображение компоновки разрабатываемой автономной землеройной машины. В качестве движителей использованы гусеницы, на раме установлен ядерный реактор. Трансмиссия гидростатическая, что позволяет вкпе с гусеницами двигаться в любую сторону, с точки зрения управления. Такое решение позволяет разместить рабочие органы с двух сторон. Гидромолот и ковш совмещены на рукояти. В движение рабочие органы приводятся гидроцилиндрами. Стрела имеет возможность поворота вокруг вертикальной оси.

Анализ результатов теоретических исследований позволил сформулировать следующие вещи: выбор проводимых с помощью машины работ, выбор необходимых рабочих органов, рассмотрены различные варианты движителей, силовых установок и трансмиссий, разобраны различные алгоритмы управления и способы доставки а также предложен вариант компоновки разрабатываемой машины.

Литература

1. Раннев А. В. Универсальные одноковшовые экскаваторы.
2. Репин С. В., Зазыкин А. В. машины для земляных работ – учебное пособие.
3. Машины для земляных работ. Под ред. Гаркави И. Г. М. : Высшая школа. 1982 г.
4. Расчетные модели обеспечения работоспособности и эффективности строительных машин в эксплуатации. Учебное пособие / Репин С. В., Зазыкин А. В., Чмиль В. П. – СПб. : СПбГАСУ. – 2015. – 76 с.
5. Система стандартов безопасности труда. ГОСТ 12.2.011-2012.

УДК 621.4

Владимир Дмитриевич Габидулин,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: moymail_2014@mail.ru

Vladimir Dmitrievich Gabidulin,
postgraduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: moymail_2014@mail.ru

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ АКУСТИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ

ANALYSIS OF METHODS AND MEANS OF ACOUSTIC DIAGNOSTICS OF TECHNICAL OBJECTS IN THE ARCTIC REGIONS

Арктические регионы на сегодняшний день имеют огромный потенциал развития, ввиду обширности территории, а также обеспеченности природными сырьевыми ресурсами. В связи с этим возникает необходимость проведения различных видов работ в данных регионах для их освоения, таких как строительство объектов дорожно-транспортной инфраструктуры, нефте- и газодобычи, социального обеспечения населения и т. п. [1]. Для проведения этих работ необходимо использовать различную технику, в том числе наземные транспортные технологические машины. В суровых климатических условиях [2] повышаются требования к поддержанию эксплуатационных показателей используемой техники, в том числе в части организации оперативного контроля технического состояния строительных машин [3]. Однако, в условиях труднодоступных регионов имеются сложности при проведении этого мероприятия. В данной статье проведен анализ методов и средств акустического диагностирования технических объектов, позволяющих облегчить организацию и повысить оперативность контроля технического состояния строительных машин в сложных климатических и организационных условиях проведения работ в Арктике.

Ключевые слова: технический контроль, акустическое диагностирование, строительные машины.

The Arctic regions today have a huge potential for development due to their vastness, as well as the availability of natural raw material resources. In this regard, there is a need for various types of work in these regions for their develop-

ment, such as the construction of road and transportation infrastructure, oil and gas production, social welfare of the population, etc. To carry out these works it is necessary to use various equipment, including ground transportation technological machines. In harsh climatic conditions, the requirements for maintaining the operational performance of the equipment used, including the organization of operational control of the technical condition of construction machines, increase. However, in the conditions of hard-to-reach regions there are difficulties in carrying out this activity. This article analyzes the methods and means of acoustic diagnostics of technical objects, which make it possible to facilitate the organization and increase the efficiency of control over the technical condition of construction machines in difficult climatic and organizational conditions of work in the Arctic.

Keywords: technical control, acoustic diagnostics, construction machines.

Актуальность

Целью проведенного исследования являлся анализ методов акустического диагностирования технических объектов, средств их реализации и современного опыта применения при эксплуатации различных видов техники в арктических регионах.

Исходя из цели поставлены следующие задачи исследования:

- анализ опыта организации контроля и обеспечения работоспособного состояния техники при проведении строительных работ в арктических и северных регионах;
- оценка возможности реализации современных методов и средств оперативного контроля технического состояния строительных машин при автономном режиме их использования;
- обоснование перспективы решения проблемы внедрением акустического диагностирования;
- анализ научных, методических и технических решений проблемы.

Эксплуатация техники в Арктических регионах, характерной чертой которых являются суровые климатические условия, является весьма насущной проблемой. В данных условиях можно выделить следующие основные проблемы:

- эксплуатация в суровых природно-климатических условиях вызывает существенное увеличение эксплуатационных нагрузок на технику.
- сезонность в организации работ и отрыв от стационарных средств технического обеспечения в труднодоступных регионах

приводит к проблеме обеспечения своевременного технического обслуживания машин и качества его выполнения;

- автономные режимы использования техники на значительном удалении от мест дислокации пунктов централизованного материального обеспечения вызывают перебои в снабжении качественным топливом, эксплуатационными и смазочными материалами.

Вышеперечисленные проблемы диктуют необходимость совершенствования организации оперативного контроля технического состояния строительных машин в арктических условиях. Не смотря на большое количество работ как обзорного характера, так и оригинальных исследований, данная проблема имеет статус нерешенной в окончательной степени. Из предлагаемых решений по оперативному техническому контролю можно отметить наиболее распространенную систему – использование передвижных мастерских и станций диагностирования технического состояния строительной техники. Она заключается в перемещении исследуемой машины по поточной линии, состоящей из развернутых временных постов, каждый из которых специализируются на оценке технического состояния различных агрегатов, узлов и систем машин, например, посты проверки состояния силовой установки, светотехники, систем управления, ходового оборудования и т. п.

Однако реализация указанного метода в условиях Арктики выявила ряд недостатков:

- диагностические станции, как правило, прицепные, крупногабаритные и малопроезжимые, в результате чего возникают проблемы их оперативной передислокации с одного места на другое, особенно в заснеженных зонах;

- проблематично размещение постов поточной линии в полевых условиях на ограниченном пространстве в местах со сложным рельефом местности;

- низкие температуры вызывают перебои в работе отдельных образцов сложного диагностического оборудования.

Одним из методов контроля, не требующим полномасштабного развертывания временного пункта технического диагностирования, является метод сканирования. Этот метод позволяет с помощью «карманного» прибора определить неисправность системы. Недостатком метода является его узконаправленность. Метод

имеет успешный опыт применения на современной технике для диагностирования электронного оборудования, и связанных с электроникой системы датчиков. Однако, оценка механических неисправностей, которые не контролируются датчиками, таким методом невозможна. Более того, не все сканеры способны оценить ту или иную неисправность даже в электронном оборудовании, т. к. многое зависит от наличия встроенных датчиков.

В связи с вышеперечисленным, поиск и разработка методов оперативного контроля технического состояния машин является актуальным. В качестве одного из таких предлагается метод технического контроля по акустическому шуму.

Состояние вопроса

Метод технического контроля строительной техники по акустическому шуму позволяет исключить недостатки ранее указанных методов, значительно сокращая время и трудоемкость диагностики, и облегчая ее организацию. Технический контроль по акустическому шуму обеспечивает обнаружение скрытых дефектов неразрушимым способом. Представляется возможным отслеживание и предугадывание поломки на начальной стадии ее развития.

На сегодняшний день многие опытные и высококвалифицированные специалисты способны отследить некоторые неисправности «на слух» по характерным шумам. Однако, данный способ, даже подкрепленный некоторым инструментарием – стетоскопами, не позволяет оценить достаточно широкий диапазон неисправностей, поскольку человеческий слух не способен различить все акустические признаки.

Акустический метод имеет перспективы применения в различных сферах.

В авиационной сфере специальные взлетные площадки для самолетов находятся в отрыве от станций с оборудованием для технического контроля, в особенности в Арктических регионах. Метод акустической диагностики позволяет решить данную проблему.

В сфере судоходства данный метод также находит свое применение, поскольку северный морской путь имеет небольшое количество портов, оснащенные необходимым оборудованием для технического контроля. Ледоколы, широко применяемые в арктических

регионах, также могут быть подвержены техническому контролю акустическим методом.

В железнодорожном транспорте метод уже широко используется. Акустическим методом производится технический контроль на остановочных пунктах, не доезжая до железнодорожного депо, которых в северных регионах крайне мало.

Таким образом, развитие данного метода является перспективным не только для строительной техники.

Результат исследования

В таблице представлена современная классификация акустических методов неразрушимого контроля [4]. Классификация делится на две большие группы – активные и пассивные методы акустического контроля. Активные методы основаны на излучении и приеме упругих волн (акустических сигналов), пассивные – только на приеме волн, источником которых служит сам контролируемый объект.

Акустические методы неразрушающего контроля

Активные методы													Пассивные методы							
Прохождения			Комбинированные Вынужденных колебаний			Отражения Свободных колебаний			Собственных частот (спектральные)				Импедансные		акустико-эмиссионный	вибрационно-диагностический	шумодиагностические			
Амплитудный теневой	Временной теневой	Велосимметрический	Зеркально-теневой	эхо-теневой	эхо-сквозной	эхо-зеркальный метод	дельта-метод	дифракционно-временной	реверберационный	интегральный	акустико-топографический	локальный	интегральный	локальный	изгибных волн	продольных волн	контактного импеданса			

Анализ функциональных возможностей всех данных методов показал, что для контроля технического состояния узлов, агрегатов и систем строительных машин целесообразно использовать пассивный шумодиагностический акустический метод. Физический смысл метода заключается в регистрации акустических шумовых сигналов предположительно неисправных узлов с помощью портативного прибора – спектрального анализатора [5]. Записанные звуковые сигналы обрабатываются алгоритмом базирующемся на спектральном анализе шумовых сигналов [6].

Спектральная картина звука представляет собой совокупность гармонических колебаний, на которые можно разложить звуковую волну.

Спектр звука представляется на координатной плоскости, где по оси абсцисс отложена частота, а по оси ординат – амплитуда или интенсивность гармонической составляющей. При обработке сигналов используется математический метод дискретного преобразования Фурье (ДПФ) [7]:

$$X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) e^{-j\left(\frac{2\pi kn}{N}\right)} \quad (1)$$

где, N – количество значений сигнала, измеренных за период; $X(n)$ – измеренные значения сигнала в дискретных временных точках; $X(k)$ – комплексные амплитуды синусоидальных сигналов, слагающих исходные сигналы; k – частота k -ой синусоиды, измеренная в колебаниях за период; $n = 0, \dots, N-1$.

Исправный узел издает шум, при спектральном анализе которого складывается его постоянная картина. При отклонении от нормативного состояния в работе данная картина изменяется. Таким образом, сравнивая спектральные графики исследуемого узла с определенной периодичностью по мере увеличения его наработки возможно отследить их текущее эксплуатационное состояние.

На рисунке ниже изображена спектральная картина исследуемого узла в нормальном рабочем состоянии (рис. 1), в состоянии с зарождением неисправностей (рис. 2), и в неисправном состоянии (рис. 3) [8]:

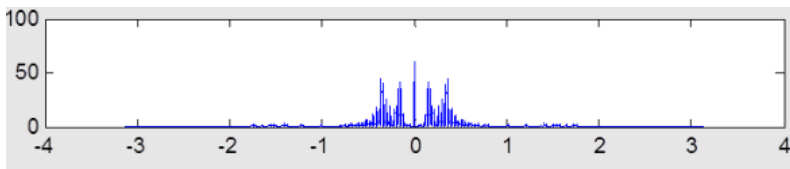


Рис. 1. Спектральная картина исследуемого узла в нормальном рабочем состоянии

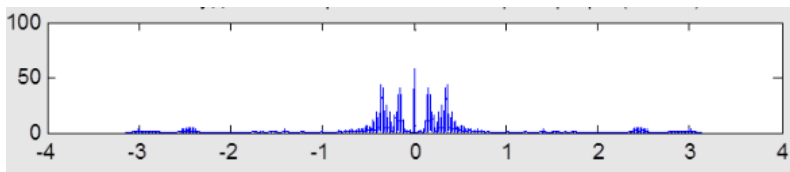


Рис. 2. Спектральная картина исследуемого узла с зарождением отклонений от нормального состояния

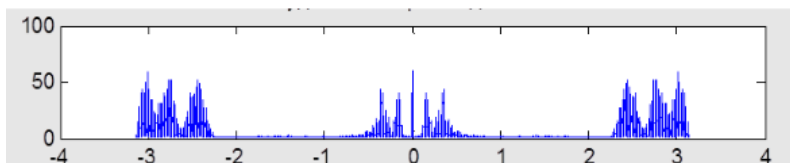


Рис. 3. Спектральная картина исследуемого узла в неисправном состоянии

К современным приборам для исследования относятся спектральные акустические анализаторы, например, спектральный анализатор, выпускаемый Зеленоградской электротехнической лабораторией (рис. 4). Данные приборы способны в режиме реального времени выводить спектральную картину исследуемого сигнала. Приборы настраиваются на определенную частоту регистрации при помощи полосного фильтра, отсеивая частоты, которые не являются показателями эксплуатационного состояния системы. Таким образом, в режиме реального времени возможно получить спектральную картину.

На сегодняшний день в направлении акустического диагностирования проведен ряд научных исследований.

Например, патент RU 2667826 [9], описывающий прибор, способный измерить текущее состояние двигателя внутреннего сгорания по его акустическим параметрам (рис. 5).



Рис. 4. Спектральный акустический анализатор ZETLAB

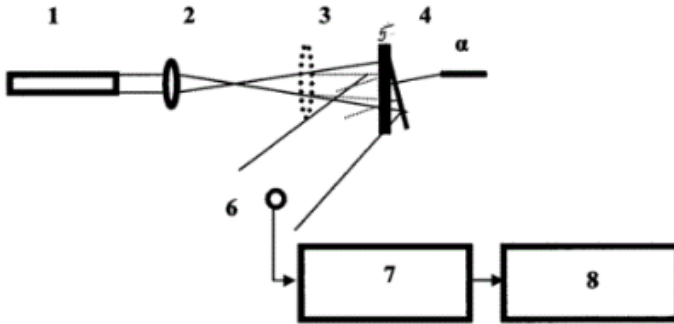


Рис. 5. Иллюстрация прибора патента RU 2667826

В журнале «Транспортные экологические Средства» [10] затрагивается проблема диагностики двигателей путем их частичной разборки. В качестве метода решения предложена акустическая оценка методом спектрального анализа (рис. 6).

Метод акустической оценки изучается и за рубежом. В журнале ISA Transactions, в статье под названием «Acoustic monitoring of an aircraft auxiliary power unit» [11], рассматривается вопрос акустического мониторинга вспомогательных силовых установок самолетов (рис. 7).

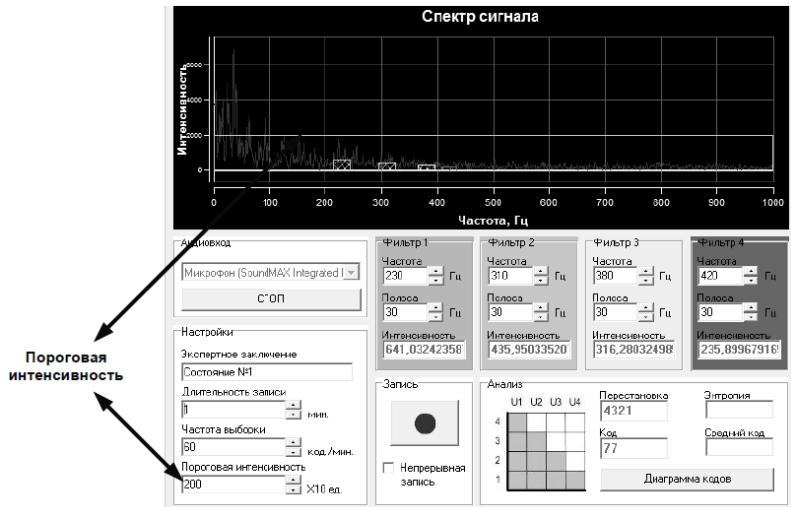


Рис. 6. Окно программы для анализа акустического шума

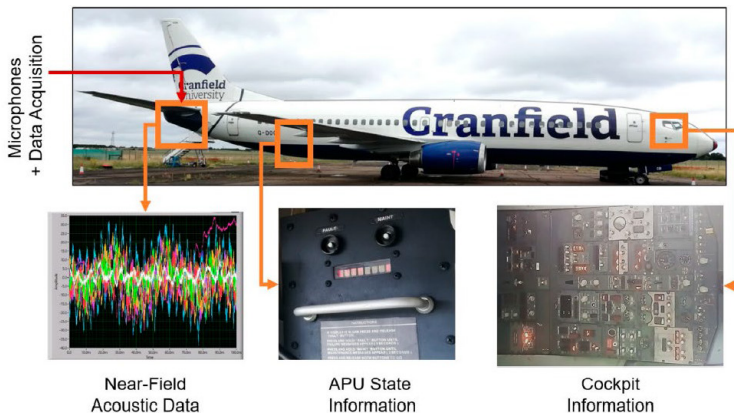


Рис. 7. Экспериментальная установка акустической диагностики вспомогательной силовой установки самолета

Выводы

Таким образом, адаптация метода акустического диагностирования для оценки технического состояния строительных машин

является перспективной и актуальной задачей, позволяющей обеспечить его мониторинг при эксплуатации в труднодоступных регионах с суровыми климатическими условиями.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 30 марта 2021 г. № 484 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации».

2. Катцов В. М., Павлова Т. В. Ожидаемые изменения приземной температуры воздуха в Арктике в XXI веке: результаты расчетов с помощью ансамблей глобальных климатических моделей (CMIP5 и CMIP3) // Тр. Гл. геофиз. обсерватории им. А. И. Воейкова. – 2015. – Вып. 579. – С. 7–21.

3. Аристова О. А., Пушкарев А. Е. «Оценка влияния климатических факторов на эффективность работы промышленного предприятия в арктической зоне» / Материалы III Всероссийского научного семинара. Санкт-Петербург, 2022 «Техническое обеспечение доступности арктических регионов» Издательство: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (Санкт-Петербург). С. 52–56.

4. Горбаш В. Г., Делендик М. Н., Павленко П. Н. «Неразрушающий контроль в промышленности. Акустический контроль» / «Неразрушающий контроль и диагностика № 4, 2011», ред. 19.12.11 С. 35–51.

5. Исакович М. А. «Общая Акустика» / Издательство «Наука», Главная редакция Физико-Математической литературы/ Москва. 1973. – 496 с.

6. Солонина А. И. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов / А. И. Солонина, Д. А. Улахович, Л. А. Яковлев. – СПб. :БХВ-Петербург, 2002. – 464 с.

7. Терехов В. И. «Автоматизация определения характеристик звукового сигнала» «Научно-практический электронный журнал Аллея Науки» № 7(70) 2022.

8. <https://vunivere.ru/work11430/page2/>

9. Сербабин А. Т., Горбачев А. А., Ворончихин Н. В. «Устройство для акустической диагностики двигателей», RU 2667826.

10. Рыбочкин А. Ф., Савельев С. В., Смирнов А. В. «Диагностирование состояния работающего автомобильного двигателя на основе анализа издаваемого им акустического шума». Транспортные экологические средства, ред. рег. № 2072 с. 64.

11. Umair Ahmed, Fakhre Ali, Ian Jennions «Acoustic monitoring of an aircraft auxiliary power unit», ISA Transactions Volume 137, June 2023, Pages 670–691.

УДК 629.3

Сергей Васильевич Репин,
д-р техн. наук, профессор
Андрей Вячеславович Зазыкин,
канд. техн. наук, доцент
Георгий Николаевич Белик,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: repinserge@mail.ru,
zazav@lan.spbgasu.ru
georgiybelik@mail.ru

Sergey Vasilyevich Repin,
Dr. Sci. Tech., Professor
Andrey Vyacheslavovich Zazykin,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
Georgiy Nikolaevich Belik,
postgraduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: repinserge@mail.ru,
zazav@lan.spbgasu.ru
georgiybelik@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

OPERATION FEATURES OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES IN THE ARCTIC ZONE

Арктическая зона является стратегически важной территорией для социально-экономического развития Российской Федерации и обеспечения ее национальной безопасности. Освоение Арктики сопряжено с рядом сложностей, в числе которых – суровый климат, рассредоточенность инфраструктурных объектов, высокий уровень логистических затрат. На территории Арктической зоны транспортно-технологические машины подвержены высоким нагрузкам и повышенному износу. Низкая температура окружающего воздуха оказывает отрицательное воздействие на механизмы, является причиной частых поломок и обуславливает особенности эксплуатации машин и их технического обслуживания. В связи с этим изучение условий работы технологических машин и повышение их надежности является актуальной научно-производственной задачей.

Ключевые слова: Арктическая зона, транспортно-технологические машины, проблемы эксплуатации, повышение надежности и работоспособности.

The Arctic zone is a strategically important territory for the socio-economic development of the Russian Federation and ensuring its national security. The development of the Arctic is associated with a number of difficulties,

including a harsh climate, the dispersion of infrastructure facilities, and a high level of logistics costs. On the territory of the Arctic zone, transport and technological machines are subject to high loads and increased wear. The low ambient temperature has a negative effect on the mechanisms, is the cause of frequent breakdowns and determines the features of the operation of machines and their maintenance. In this regard, the study of the working conditions of technological machines and improving their reliability is an urgent scientific and production task.

Keywords: Arctic zone, transport and technological machines, problems of operation, increasing reliability and efficiency.

Введение

Арктическая зона Российской Федерации (далее – АЗ) располагается от Кольского полуострова до Чукотки, ее общая площадь составляет порядка 3 млн кв. км или 18 % всей территории России, при этом большая часть находится за полярным кругом.

Помимо географического положения, особенностью АЗ является наличие крупных запасов полезных ископаемых. Объемы алмазов, природного газа, никеля, платиновых металлов и нефти обуславливают лидирующие позиции АЗ в мире. Для России Арктика – это важный государственный регион, т. к. содержит «более 85,1 трлн. куб. метра горючего природного газа, 17,3 млрд. тонн нефти» [1]. На ее территории осуществляется «добыча никеля и кобальта (более 90 %), 60 % меди и более 96 % платиновых металлов» [2]. Уникальность арктического региона, наличие полезных ископаемых предполагает особые технологические решения в освоении территории. В течение ряда лет были приняты законодательные акты, направленные на развитие Арктики [3; 4].

Освоение АЗ сопряжено с рядом сложностей: большие расстояния между инфраструктурными объектами, суровый климат, высокий уровень логистических затрат, низкая плотность населения. Продолжительность зимнего периода в северных районах достигает 250 дней в году. Средняя температура зимой может опускаться до -40°C , а летом не поднимается выше $+10^{\circ}\text{C}$.

Необходимость развития региона заставляет искать решения, связанные с проблемами эксплуатации машин и оборудования в сложных природно-климатических условиях. Стандартные

методы повышения надежности транспортно-технологических машин не решают проблему и не дают нужных результатов, в связи с чем и важна разработка эффективных методов повышения эксплуатационных характеристик машин для работы в зоне Арктики. Целью исследования являются особенности эксплуатации транспортно-технологических машин в АЗ.

Задачи, которые при этом решались, предполагали анализ факторов, усложняющих использование наземных транспортно-технологических средств, и изучение применяемых методов повышения надежности и работоспособности машин на объектах Арктики.

Результаты исследований

К основным факторам, усложняющим использование наземных транспортно-технологических средств в АЗ, можно отнести:

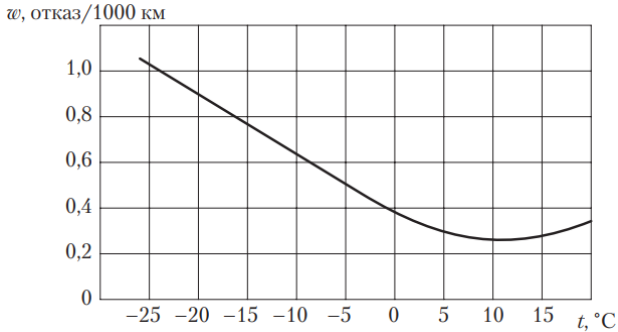
- суровые климатические условия,
- протяженность ледового покрова и его структуру,
- сложность работ по ликвидации аварий в условиях полярной ночи,
- ограниченную транспортную инфраструктуру,
- экстремальные условия жизнедеятельности и ремонта ТС на объектах,
- высокую частоту поломок технологических машин, в сравнении с умеренными климатическими условиями,
- низкую доступность новых запчастей и скорость их доставки [5; 6; 7; 8].

Согласно статистике поломок транспортно-технологических машин на Севере, их количество в несколько раз выше, чем в условиях умеренного климата. И с понижением температуры количество поломок и отказов растет (см. рис.) [7].

Кроме того, что техника работает в сложных условиях АЗ, она часто используется на объектах со значительным удалением от мест дислокации баз. В связи с этим отсутствует возможность проведения качественных ремонтно-профилактических работ.

Один из методов повышения работоспособности – это использование передвижных технических средств, позволяющих производить весь комплекс работ по техническому обслуживанию и ре-

монтажу. Кроме передвижных комплексов, для улучшения условий выполнения обслуживания транспортно-технологических машин также используются быстровозводимые ангары на объектах.



Влияние температуры окружающего воздуха на удельное количество поломок

С целью уменьшения издержек при эксплуатации, количества необходимых ТС, простоев при работе на объектах из-за поломок, и как следствие, увеличения скорости освоения АЗ в различных направлениях ведется работа для повышения надежности и работоспособности транспортно-технологических машин.

С учетом многолетнего опыта эксплуатации техники составлены рекомендации по ее применению в сложных климатических условиях. Обязательным требованием является использование горюче-смазочных материалов, рассчитанных для низких температур. Кроме того, внедрены дополнительные устройства, повышающие надежность и работоспособность транспортно-технологических машин, а также улучшающие условия работы оператора или водителя.

В связи с необходимостью использования техники в холодных регионах нашей страны и высоким спросом на нее, отечественные и зарубежные производители работают над усовершенствованием уже имеющихся моделей. Одновременно с этим выпускаются «северные», «арктические» модели для работы при низких температурах и в сложных условиях.

К наиболее часто встречающимся усовершенствованиям, которые применяют для специальной техники в «северном» исполнении, относятся:

- дополнительный подогрев двигателя и топливопровода,
- фильтр грубой очистки с подогревом,
- дополнительный отопитель охлаждающей жидкости,
- сиденье водителя с подогревом,
- дополнительный защитный кожух ходовой рамы.

Значительных успехов в производстве технологических машин для АЗ добился известный японский бренд. Благодаря комплексному подходу к разработке специализированной техники были внесены серьезные конструктивные решения. Для производства применяются стали, способные выдерживать низкие температуры. Заменены стандартные резинотехнические изделия и изоляция электропроводки, которые теряют эластичность и разрушаются. Дополнительно установлены: средство предварительного прогрева двигателя, теплоизоляция, остекление и т. д. Одна из интересных систем, предложенных данным производителем, – система прогрева кузова выхлопными газами. Эту технологию уже начинают использовать и другие изготовители техники [9].

Все свойства надежности техники и оборудования, заложенные во время проектирования, могут быть реализованы в процессе изучения и внедрения рациональных методов эксплуатации, технического обслуживания и ремонта. В последнее время наиболее активно ведется работа в направлении разработки методов повышения надежности и работоспособности транспортно-технологических машин на объектах. Данные методы показали свою эффективность и не требуют серьезных конструктивных изменений, а также дорогостоящих разработок и финансовых вложений.

Заключение

Таким образом, особенности эксплуатации транспортно-технологических машин в Арктической зоне Российской Федерации объясняются сложными природными условиями региона. Важность АЗ для экономики страны и ускорение ее развития обуславливают необходимость использования в регионе техники повышенной надежности и работоспособности. При этом проводится как усовершен-

ствование уже имеющихся моделей, так и разработка, и адаптация к холодному климату новых машин и оборудования. Приобрести новую технику в «северном» исполнении с каждым днем все сложнее, поэтому необходимо уделять отдельное внимание продолжению работ в направлении повышения надежности имеющегося парка машин средствами управления технической эксплуатации. Применяемые методы становятся более эффективными, вместе с тем требуется продолжение работы в данном направлении.

Литература

1. Указ Президента РФ от 26.10.2020 № 645 (ред. от 27.02.2023) «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» // URL: <https://legalacts.ru/doc/ukaz-prezidenta-rf-ot-26102020-n-645-o-strategii/> (дата обращения: 03.11.2023).
2. *Павленко В. И.* Арктическая зона Российской Федерации в системе обеспечения национальных интересов страны // Арктика: экология и экономика. 2013. № 4(12). С. 16–25.
3. Указ Президента РФ от 02.05.2014 № 296 (ред. от 05.03.2020) «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» // URL: <https://legalacts.ru/doc/ukaz-prezidenta-rf-ot-02052014-n-296/> (дата обращения: 03.11.2023).
4. Указ Президента РФ от 05.03.2020 № 164 (ред. от 21.02.2023) «Об основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» // URL: <https://legalacts.ru/doc/ukaz-prezidenta-rf-ot-05032020-n-164-ob-osnovakh/> (дата обращения: 03.11.2023).
5. *Евтюков С. А., Чооду О. А., Монгуш С. Ч.* Строительно-дорожные машины в экстремальных условиях эксплуатации // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 6(65). С. 239–244.
6. *Сандан Н. Т.* Влияние низких температур на эксплуатацию машин и механизмов в Республике Тыва // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 1(66). С. 150–153.
7. *Сандан Н. Т., Евтюков С. А., Шавыраа Ч. Д.* Влияние сезонных изменений на надежность наземных транспортно-технологических машин // Успехи современной науки. 2017. Том 4. № 4. С. 116–119.
8. *Чооду О. А., Евтюков С. С., Монгуш С. Ч., Сандан Н. Т.* Особенности эксплуатации транспортно-технологических машин в условиях высоких амплитуд суточных температур // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 5(70). С. 167–173.
9. *Протасов С.* Особенности техники Komatsu в северном исполнении // URL: https://exkavator.ru/mining/news/inf_news/134083_osobennosti_tehniki_komatsu_v_severnom_ispolnenii.html (дата обращения: 25.10.2023).

УДК 531.8

Евгений Владимирович Алексеенко,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: kremedi12.22@mail.ru

Evgeny Vladimirovich Alekseenko,
postgraduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: kremedi12.22@mail.ru

ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТОЕВ СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕМОНТНЫХ БОКСОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И АРКТИКИ

DEPENDENCE OF CHANGES IN DOWNTIME OF CONSTRUCTION AND ROAD BUILDING MACHINES WHEN USING REPAIR BOXES IN THE FAR NORTH AND ARCTIC CONDITIONS

В настоящее время, эффективность ремонтных боксов является одним из наиболее важным решением проблемы ремонта строительно-дорожных машин в условиях крайнего севера и Арктики, которая позволит сократить количество как плановых, так и внеплановых ремонтов. При этом необходимо учитывать также доступность и удобство использования ремонтных боксов, чтобы обеспечить комфортные условия работы для специалистов и эффективное проведение ремонтных работ.

Ключевые слова: простой техники, ремонт, ремонтный бокс.

Currently, the efficiency of repair boxes is one of the most important solutions to the problem of repairing construction and road vehicles in the far north and Arctic, which will reduce the number of both scheduled and unscheduled repairs. It is also necessary to take into account the availability and convenience of using repair boxes in order to provide comfortable working conditions for specialists and efficient repair work.

Keywords: equipment downtime, repair, repair box.

Цель данного доклада – исследовать зависимость изменения простоев ТТМ при использовании ремонтных боксов в условиях Крайнего Севера и Арктики.

Задачи:

1) анализ возникновения простоев строительных машин;

- 2) анализ систем обеспечения работоспособности строительных машин;
- 3) анализ ремонтных боксов и их преимуществ и недостатков;
- 4) выявление зависимости изменения простоев строительных машин при использовании ремонтных боксов.

Анализ возникновения простоев

1. В связи с экстремальными погодными условиями и особенностями климата, простои машин могут иметь серьезные последствия для выполнения строительных и дорожных проектов.

Одной из основных причин простоев является непроходимость дорог из-за замерзания и обледенения. Это затрудняет доставку строительного оборудования и материалов, а также ограничивает передвижение машин на объекте. Кроме того, снежные бури и сильные морозы могут привести к поломкам и неисправностям в работе машин, что требует времени на их восстановление или ремонт.

Недостаток сервисных центров и специалистов в этих регионах также может привести к длительным простоям машин. Ограниченная доступность запчастей и оборудования может затянуть процесс ремонта и увеличить время простоя.

2. Основу системы технической эксплуатации составляет система технических обслуживаний и ремонтов техники, под которой понимают совокупность принципов и правил, обеспечивающих работоспособное состояние машин с минимальными затратами.

Анализ ремонтных боксов

Ремонтные боксы – это быстровозводимые конструкции, предназначенные для обслуживания парка машин.

Вид боксов: существует три вида ремонтных боксов, где во всех трех случаях присутствует усиленная ПВХ ткань, выступающая в роли укрываемого слоя боксов, способная защитить от холодов до -60 градусов по Цельсию:

1. Первый вид – Надувной (пневматический) ремонтный бокс/ангар. Он имеет арочную форму, металлический каркас отсутствует. Опорой конструкции служит воздух, находящийся между

двумя слоями ПВХ ткани. Преимущества данного вида заключаются в том, что данный бокс очень прост в логистике и в сборке, не требует фундаментного основания (то есть, не прикреплен к разработке и планировке территории под бокс). Недостаток – наличие дополнительных затрат на поддержание воздуха электровентиляторами и их непредвиденным ремонтом.

2. Следующий вид ремонтных боксов – Воздухоопорный. Он также держится за счет воздуха, что и надувной бокс, но основное отличие заключается в подаче воздуха, которое располагается внутри самого бокса. Преимущества – подача воздуха располагается внутри бокса, что обеспечивает теплоизоляцию и защиту от холода. Недостатки – наличие дополнительных затрат на поддержание воздуха электровентиляторами и их непредвиденным ремонтом.

3. Третий вид боксов – Каркасные ремонтные боксы, где Элементы каркаса соединяются при помощи болтов. Преимущества – не требуют дополнительного оборудования для полноценного функционирования, легко производится монтаж и демонтаж, легко ремонтируется в случае повреждения. Недостатки – наличие специальной техники для сборки, отсутствие самостоятельной теплоизоляции.

Выявление зависимости

Существует расчет годового режима работы строительных машин (см. рис.), который разрабатывается применительно к конкретным условиям их эксплуатации. (ГОСТ 25866-83).

$$D = 365 - (D_{\text{в}} + D_{\text{пр}} + D_{\text{м}} + D_{\text{н}} + D_{\text{о}} + D_{\text{рем}})$$

Ковш с гидравлическими ударными устройствами
по патенту №RU 176614 U1

В приведенной на рисунке формуле $D_{\text{в}}$ – праздничные и выходные дни; $D_{\text{пр}}$ – время, затрачиваемое на перебазировку машин (время на демонтаж, перевозку и монтаж машин на новом месте работы); $D_{\text{м}}$ – перерывы в работе, связанные с неблагоприятными метеорологическими условиями, при которых машины не могут работать; $D_{\text{н}}$ – непредвиденные перерывы в работе машин; $D_{\text{о}}$ – время, за-

трачиваемое на доставку машин на ремонтное предприятие и обратно, а также время ожидания ремонта; $D_{\text{рем}}$ – время нахождения машин в техническом обслуживании и ремонте.

Как раз из данной формулы нас интересует два значения – До и Дрем, которые при наличии ремонтного бокса имеют следующие изменения:

Во-первых, использование ремонтного бокса позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на перевозку машин до места организации технического обслуживания и ремонта, так как основная особенность ремонтных боксов заключается в их мобильности. За счет этого боксы могут быть в непосредственной близости с местом производства работ строительно-дорожных машин. Это может быть особенно полезно, когда ремонт требуется срочно.

Во-вторых, ремонтные боксы обычно оснащены всем необходимым инструментом и оборудованием для выполнения ремонтных работ.

Также данные боксы могут быть организованы под складское помещение. Это позволяет механикам работать более эффективно и точно, что увеличивает шансы на качественное выполнение работ и предотвращает возможные ошибки.

Наконец, использование ремонтного бокса также может способствовать надежному сохранению строительно-дорожных машин, так как его размер может вмещать целый парк машин, укрывая от суровых климатических условий Крайнего Севера и Арктики. Соответственно, размер ремонтных боксов зависит от начальных проектных решений.

Вывод

Таким образом, использование ремонтного бокса при техническом обслуживании и ремонте автомобиля может значительно улучшить процесс и результаты работ, сократить время и повысить качество обслуживания.

Литература

1. Максименко А. Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин, Учеб. Пособие, 1997. 95 с. 2.

2. Чооду О. А. Монгуш Э. С. Влияние климатических факторов на эксплуатационные показатели дорожно-строительных машин. Вестник «Технические и физико-математические науки», 2013, 107 с.
3. Котлобай А. Я. Обеспечение работоспособности машин. Учебное пособие «Технические основы создания машин». Изд-во БНТУ, 2005, 31 с.
4. Абзаев Г. А. Система обеспечения работоспособности автомобилей // Наука без границ. 2019. № 10(38). 23 с.

УДК 621.867.212.7

Сергей Васильевич Репин,
д-р техн. наук, профессор
Дмитрий Владимирович Кумов,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: repinserge@mail.ru,
nevideshiy@gmail.com

Sergei Vasilievich Repin,
Dr. Sci. Tech., Professor
Dmitriy Vladimirovich Kumov,
postgraduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: repinserge@mail.ru,
nevideshiy@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЛАВНОСТИ ХОДА В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

FEATURES OF SMOOTH-RUNNING SYSTEMS IN EXTREME NORTH

На фоне развития и расширения инфраструктуры на территориях Крайнего Севера в Российской Федерации становится актуальна эксплуатация транспортно-технологических машин и средств. Особенно ТТМ на базе колесного движителя, так как именно их маневренность, адаптивность и ремонтпригодность необходимы для работ в труднопроходимых условиях с низкой температурой. Под ТТМ подразумеваются машины для дорожных, строительных и прочих видов работ: плужные и роторные снегоочистители, автогрейдеры, катки пневмоколесные, экскаваторы, автосамосвалы и другие.

Типовые конструкции подвесок машины не приспособлены к значительным неровностям дорожного полотна, ведь не способны адаптироваться к подобным условиям и сохранять надлежащую плавность хода.

В статье изложено решение проблемы понижения эксплуатационных показателей за счет регулирования демпфирующих свойств.

Статья написана при финансовой поддержке выполнения научно-исследовательских работ научно-педагогическими работниками управления научной работы СПбГАСУ в 2023 году.

Ключевые слова: амортизатор, демпфирование, подвеска машины, транспортно-технологические машины, плавность хода, Крайний Север.

Considering the development and expansion of the infrastructure in the Extreme and Far North of Russian Federation the usage of transportation and technological machinery becomes relevant nowadays. TTMs on the wheel engine

base are especially relevant in this case because their maneuverability, adaptability and reparability characteristics are necessary for works in difficult to pass fields with low temperature regime. TTMs are vehicles such as ploughing and rotary snow ploughs, motor graders, wheel rollers, excavators, dump trucks and other for road, building and other kinds of works.

Typical construction of suspension of the vehicles is not adapted for significant unevenness of the road surface and is not able to adjust for such conditions for proper smoothness of moving.

The article suggests solution of the problem of reduction of the usable characteristics of the vehicle with ability to control damping properties.

The article was written with the financial support of research work performance by scientific and pedagogical workers of the Scientific Work Department of SPbGASU in 2023.

Keywords: shock absorber, damping, suspension, transport and technological machines, smooth ride, Extreme North.

Введение

Большинство транспортно-технологических машины для строительных, горнодобывающих и дорожных работ выполнены на базе колесного движителя. А специфика эксплуатации ТТМ в условиях Крайнего Севера [1] подразумевает перемещение по несовершенным дорожным покрытиям, состоящих из множества неровностей различного габарита и порядка расположения. Случайно распределенные неровности дорожной поверхности оказывают негативное воздействие на перемещение строительной машины, на ее мобильность и скорость [2]. Эксплуатация ТТМ в неблагоприятных дорожных условиях ведет к значительному понижению рабочих показателей, а следовательно, и к производительности, так как перемещение для машины составляет большую часть рабочего цикла.

Описание условий работы подвески ТТМ

Поэтому работа ТТМ связана с случайно возникающими динамическими нагрузками, которые ведут к снижению эксплуатационных показателей, к уменьшению степени сцепления движителя с поверхностью, к невозможности регулирования клиренса и к общему ухудшению управляемости и плавности хода. И именно обеспечением надлежащей плавности хода для приближения

производительности ТТМ к технологической и обусловлена актуальностью предлагаемого решения.

Причем в условиях Крайнего Севера роль играет не только плавность хода, но и проходимость в общем, состоящая из степени сцепления движителя со снежным полотном, ремонтпригодности и характера реагирования машины на изменение физико-механических свойств мерзлого грунта при нагреве во время выполнения работ [3].

Степень проходимость прямо влияет на возможность эксплуатации определенного транспортно-технологического средства, что продемонстрировано в таблице [4].

Также стоит заметить, что предлагаемая упрощенная конструкция подразумевает улучшение надежности за счет повышения ремонтпригодности, так как при понижении температуры растет степень отказов, что явно изображено на рис. 1 [5].

**Соотношение площади, на которой допустима эксплуатация,
и степени проходимости ТТМ**

Тип машины	Площадь суши, на которой возможна эксплуатация, %
Машины с обычной степенью проходимости	5,8
Машины с повышенной степенью проходимости	37
Машины с высокой степенью проходимости	76

Конструктивно плавность хода машины обеспечивается за счет подвески шасси, которая состоит из направляющих, опор, упругих и демпфирующих элементов.

Направляющие, выполненные обычно в виде рычагов или торсионов, определяют зависимость колес друг от друга: в случае зависимой подвески одно колеса будет менять свое положение относительно другого; независимая же подвеска подразумевает обратное. Упругие элементы, представленные пружинами, пневмокамерами, подавляют линейные динамические нагрузки и обеспечивают уровень клиренса.

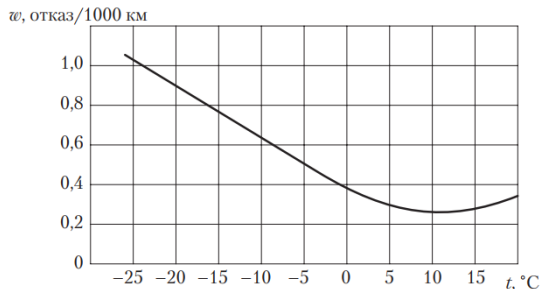


Рис. 1. Зависимость удельного количества отказов от температуры внешней среды

А в качестве демпфирующих элементов выступают амортизаторы, устройство которых предназначено для гашение колебаний [6].

Типовые подвески обладают сложной конструкцией, где демпфирующий и упругий элементы расположены отдельно, не в одном устройстве, что делает их более дорогостоящими и менее ремонтпригодными. А также у типовых подвесок отсутствует возможность регулировать демпфирующие и упругие характеристики, то есть адаптироваться исходя из рабочих условий [7].

Но все же существуют конструкции подвесок легковых автомобилей с демпфирующими и упругими элементами, объединенными в одном устройстве, и с возможностью регулирования характеристик подвески за счет внедренных электронных систем [8]. Управление в данном случае происходит за счет изменения электромагнитных параметров амортизатора и реологических свойств рабочей жидкости [9]. Правда, данные конструкции имеют довольно сложное исполнение, высокую стоимость и не способны выдерживать характерные для ТТМ силовые нагрузки.

Известно использование пневмоподвесок в грузовых машинах, где пневмокамеры выступает в качестве дополнительного и основного упругого элемента [10]. В таких подвесках подразумевается регулирование упругих свойств, что в свою очередь позволяет «корректно» воспринимать динамические нагрузки, контролировать клиренс ТТМ. Но данные конструкции не объединяют в одном устройстве демпфирующий и упругий элемент, что усложняет

конструкцию и ее обслуживание, а также не включают в себя возможность регулирования демпфирующих свойств.

Авторами данной статьи уже были предложены несколько вариантов модернизированных конструкций амортизаторов с пневмопружиной в виде упругого элемента, заключенного внутри конструкции амортизатора [11, 12]. Предложенные конструкции как удешевляют конструкцию амортизатора, лишая смысла использовать внешний упругий элемент, что актуально для ТТМ, так и упрощают конструкцию, повышая тем самым ее ремонтпригодность. Также все ранее предложенные конструкции оснащены специальным устройством – ниппелем, при помощи которого закачивается перед эксплуатацией не только рабочая жидкость, но газ; то есть возможно регулиция упругих свойств пневмопружины за счет задания изначального давления. Однако подобные конструкции никак не способны обеспечить возможность регулирования демпфирующих свойств подвески машины.

Научная новизна настоящей статьи заключается в графическом изображении возможного решения проблемы нерегулируемых демпфирующих свойств, причем при сохранении внутреннего упругого элемента, благодаря чему потенциальная конструкция станет актуальной для условий Крайнего Севера.

Типовая конструкция гидропневматического амортизатора (рис. 2), а точнее – его поршень, имеет дроссельные и клапанные отверстия. За счет их конструкции обеспечивается перетекание рабочей жидкости при отбое и сжатии из поршневой полости в штоковую и наоборот. Конструкция и особенность гидравлических устройств обеспечивают надлежащую степень сопротивления амортизатора. Но сечение пропускных отверстий невозможно регулировать в типовых конструкциях во время эксплуатации. Площадь отверстий, их пропускная способность определяется изначально, при сборке амортизатора.

Существует также конструкция [13] двухтрубного гидравлического амортизатора с пневмопружиной, где была осуществлена попытка регулиция демпфирующих свойств за счет внедрение в нижнюю часть конструкции дроссельно-клапанной системы. Но регулиция в данном амортизаторе не происходит, так как

пропускная способность дроссельных и клапанных отверстий не контролируется.

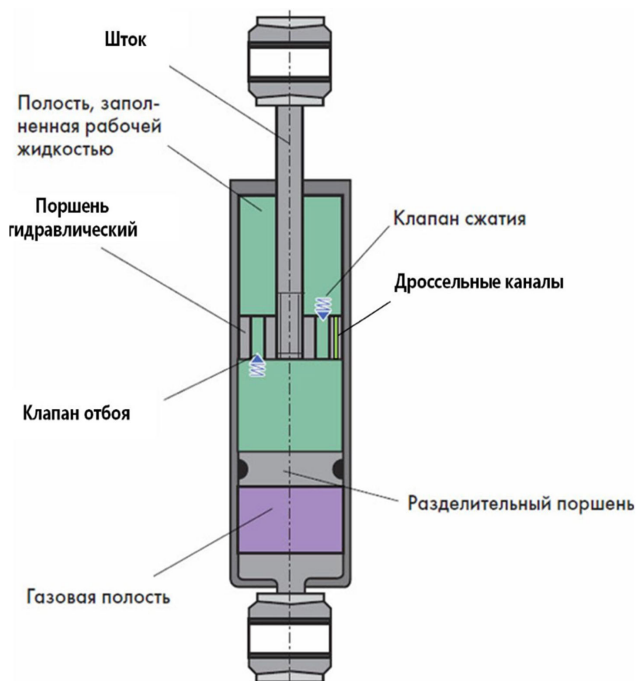


Рис. 2. Типовой гидропневматический амортизатор

Предлагаемое графическое решение

У гидравлического амортизатора существует два режима работы: регрессивный и прогрессивный, а также их «усредненный» вариант – линейный. Иначе данные режимы можно охарактеризовать как дроссельный и клапанный [14]. Регрессивный режим работы представляет собой растянутую параболу, прогрессивная – более «привычную» параболу, а линейная есть результат наложения этих двух графиков (рис. 3). При регрессивном-дроссельном режиме сила сопротивления амортизатора P при повышении скорости v слабо изменяется. В данном режиме подвеска способна обеспечить надлежащую плавность хода при малых неровно-

стях и предотвратить отрыв колес от поверхности. В случае прогрессивного, то есть клапанного режима работы, сопротивление амортизатор P резко возрастает при сравнительно небольшом изменении скорости v .

Такая характеристика способна обеспечить плавность хода при наезде на серьезные неровности, а также противостоять боковому крену при резких поворотах. К тому же прогрессивная характеристика способна обеспечить проходимость машины с непрогретой загустевшей рабочей жидкостью, вязкость которой возросла до неэксплуатируемых значений [15].

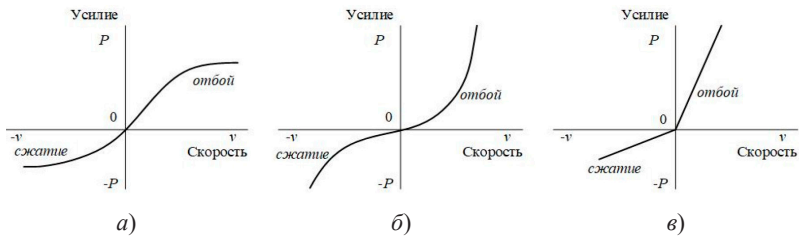


Рис. 3. Режимы работы амортизатора:
 a – регрессивный; b – прогрессивный; v – линейный

Для эксплуатации ТТМ в среде пониженных температур и бездорожья необходимо обеспечить машину подвеской с возможностью адаптироваться к потенциальным неблагоприятным условиям. Так как проблема регуляции упругих свойств уже была решена, то авторами статьи была принята разработать конструкцию амортизатора со способностью регулирования демпфирующих свойств для ТТМ при сохранении простоты и дешевизны конструкции.

Потому, перед тем как разработать конструкцию, было решено графически изобразить условия оптимальной демпфирующей характеристики как для умеренно-климатических зон, так и для условий Крайнего Севера (рис. 4). Так как для повышения степени плавности хода и проходимости ТТМ необходимо обеспечивать регрессивную и прогрессивную характеристики, то регуляция их порядка и пропускной способности и определит возможность адаптироваться подвеске машины к различным условиям.

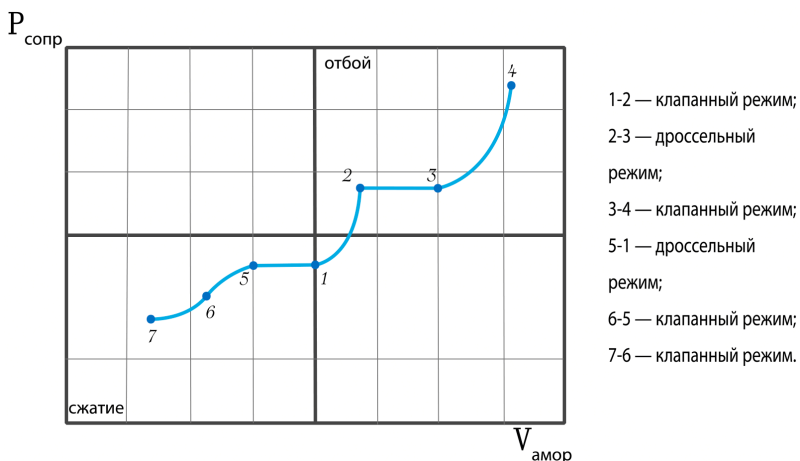


Рис. 4. Клапанно-дроссельный режим работы амортизатора при отбое и сжатии

Заключение

Для Российской Федерации, из-за ее географического положения, освоение территорий и ресурсов Крайнего Севера являются актуальными задачами. И выполнение этих задач возможно за счет адаптации известных конструкций ТТМ. В частности, за счет совершенствования средств обеспечения плавности хода путем внедрения регулировочных систем для предотвращения понижения эксплуатационных параметров, а значит и для повышения производительности.

Литература

1. Туревский И. С. Техническое обслуживание автомобилей. [Текст]: / учебник. Том 1. / И. С. Туревский. Техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей. – М. : Форум: Инфра. – М, 2005. – 432 с.
2. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля. Колебания и плавность хода. Москва «Машиностроение», 1972. – 15–19 с.
3. Конструктивные особенности автомобилей, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера / Сипков В. В., Кутищев Д. С. // Электронный ресурс, режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37229067_50493905.pdf. Дата посещения 10.10.23. – 339 с.

4. Конструктивные особенности автомобилей, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера / Сипков В. В., Кутищев Д. С. // Электронный ресурс, режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37229067_50493905.pdf. Дата посещения 10.10.23. – 340 с.
5. Техническая эксплуатация автомобилей в особых условиях / А. Кокорин // Современные Технологии Производства, extxe.com. // Электронный ресурс, режим доступа: <https://extxe.com/17135/tehnicheskaja-jekspluatacija-avtomobilej-v-osobuh-uslovijah/>. Дата посещения 16.10.23.
6. *Дербаремдикер А. Д.* Гидравлические амортизаторы автомобилей. М., «Машиностроение», 1969. – 7–9 с.
7. *Раймтель Й.* Шасси автомобиля. Амортизаторы, шины и колеса. Москва «Машиностроение», 1986. – 320 с.
8. Феномен Bose: почему лучшая в мире подвеска до сих пор не стала серийной / А. Кокорин // Колеса_ру. Электронный ресурс, режим доступа: <https://www.kolesa.ru/article/fenomen-bose-pochemu-luchshaya-v-mire-podveska-do-sih-por-ne-stala-serijnoj>. Дата посещения 12.10.23.
9. Анализ подвески автомобиля, основанной на магнитореологических амортизаторах Репин С. В., Литвин Р. А., Коротчук Д. О // Грузовик, 2022, № 6, с. 28–31.
10. Обзор конструкций и применения пневматических подвесок на грузовых автомобилях / Зубина В. А., Алакин В. М., Пономарев А. И., Садковский Б. П. // Электронный ресурс, режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-konstruktsiy-i-primeneniya-pnevmaticheskikh-podvesok-na-gruzovyh-avtomobilyah>. Дата посещения 11.10.23.
11. Исследование упругой характеристики нового гидропневматического амортизатора / Репин С. В., Добромиров В. Н., Орлов Д. С. // Вестник гражданских инженеров, 2019, 5(76). – СПб.: СПбГАСУ. – с. 260–269.
12. Improving the movement smoothness of a mobile repair shop for machinery servicing in the Arctic / Sergei Repin, Roman Bukirov, Ivan Vorontsov, Valeriy Gordienko, Pawel Rajczyk // International Conference on Arctic transport accessibility: networks and systems, Transportation Research Procedia 57 (2021) 553–561. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.084>.
13. Безопасность эксплуатации транспортно-технологических машин на автомобильном ходу / Репин С. В., Букиров Р. Р., Орлов Д. С. // СПбГАСУ. – с. 30–35.
14. Безопасность эксплуатации транспортно-технологических машин на автомобильном ходу / Репин С. В., Букиров Р. Р., Орлов Д. С. // СПбГАСУ. – с. 40–51.
15. Безопасность эксплуатации транспортно-технологических машин на автомобильном ходу / Репин С. В., Букиров Р. Р., Орлов Д. С. // СПбГАСУ. – с. 52–55.

УДК 621.311.243

Иван Алексеевич Саковцев,
аспирант

Александр Евгеньевич Пушкарёв,
д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ivan.vena@yandex.ru,
pushkarev-agn@mail.ru

Ivan Alekseevich Sakovtsev,
postgraduate student

Alexander Evgenievich Pushkarev,
Dr. Sci. Tech., Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ivan.vena@yandex.ru,
pushkarev-agn@mail.ru

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ВЫБОРА
И ОБОСНОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ
РЕШЕНИЙ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ
МЕХАНИЧЕСКОГО ПОДАТЧИКА АБРАЗИВА
ДЛЯ УСТАНОВОК ГИДРОАБРАЗИВНОЙ
ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ**

**STATEMENT OF THE PROBLEM OF CHOOSING
AND SUBSTANTIATING DESIGN SOLUTIONS
AND OPERATING MODES OF A MECHANICAL
ABRASIVE FEEDER FOR WATERJET SURFACE
CLEANING INSTALLATIONS**

Уборка дорог от снежно-ледяных отложений, по-прежнему остается важной проблемой сегодня. Дело в том, что сменное рабочее оборудование для дорожно-коммунальных машин, которое предназначено для очистки поверхности дороги обычными механическими методами (ударным, вибрационным и т. д.), имеет большой недостаток – разрушается не только снежно-ледяные образования, но и целостность дорожного покрытия. Поэтому предлагается использовать гидроабразивные струи воды, которые эффективно разрушают образование льда и снега и удаляют их с рабочей поверхности, не нарушая целостности обрабатываемого объекта.

Ключевые слова: снежно-ледяные отложения, гидроабразивный инструмент, дорожная машина, механический податчик абразива.

Cleaning roads from snow and ice deposits is still an important problem today. The fact is that replaceable working equipment for road-utility vehicles, which is designed to clean the road surface by conventional mechanical

methods (shock, vibration, etc.), has a big drawback – not only snow and ice formations are destroyed, but also the integrity of the road surface. Therefore, it is proposed to use waterjet jets that effectively destroy the formation of ice and snow and remove them from the work surface without violating the integrity of the treated object.

Keywords: snow and ice deposits, waterjet tools, road machine, mechanical abrasive feeder.

Существуют 2 основных способа создания гидроабразивных струй:

Первый – способ увлечения, при котором твердые абразивные частицы, поступающие по каналу подвода абразива, увлекаются высокоскоростным потоком воды, истекающим из струеформирующей насадки, в смесительную камеру инструмента. Образовавшаяся смесь направляется затем в коллиматор (фокусирующую трубку), где абразивные частицы получают необходимое ускорение от потока воды, в результате чего образуется высокоскоростная гидроабразивная струя.

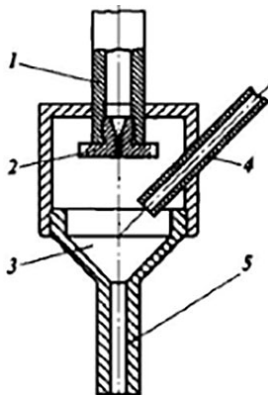


Рис. 1. Способ увлечения: 1 – трубопровод подвода высоконапорной воды; 2 – струеформирующая насадка; 3 – камера смешивания; 4 – канал подвода абразива; 5 – коллиматор

Второй – способ прямого введения, при котором абразив смешивается с водой в сосуде высокого давления. Далее гидроабразивная

суспензия направляется в насадку с отверстием малого диаметра из износостойкого материала, в которой формируется высокоскоростная гидроабразивная струя.

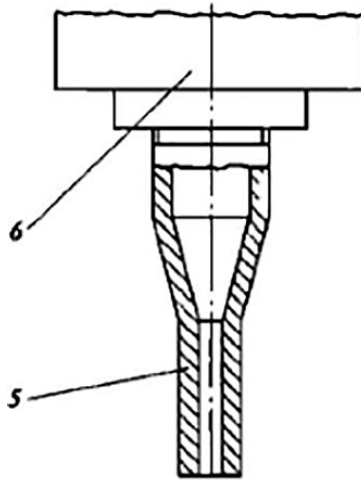


Рис. 2. Способ прямого введения: 5 – коллиматор;
6 – центрирующий монитор с гидроабразивной смесью

Системы со способом прямого введения более металлоемкие, громоздкие и дорогие и их лучше применять в стационарных установках. Поэтому для условий дорожной машины целесообразнее использовать способ увлечения [1].

Однако, система подачи абразива в гидроабразивный инструмент инжекционного типа, действующая за счет использования небольшого вакуума, возникающего вокруг высокоскоростной водяной струи, истекающей из струеформирующей насадки, весьма чувствительна к свойствам используемого абразива, его влажности и фракционному составу.

Такая машина будет хорошо работать в условиях цеха (стабильной влажности и температуры воздуха, строгого фракционного состава и свойств абразива), то есть в условиях, близких к идеальным, что не является реальным в условиях дорожной машины,

которая эксплуатируется при непостоянной температуре и влажности воздуха, с разнообразными (различными) свойствами и составом песка. Это значит, что механизм пневмотранспортирования становится неработоспособным.

В связи с этим предлагается использовать для подачи абразива механический податчик, например, на базе шнека. Однако, диаметр штуцера, через который осуществляется подача песка, имеет малый размер. Поэтому целесообразнее использовать безвальный шнек, чтобы увеличить пропускную способность. Также этот шнек должен быть гибким [2].

Смесь материалов формируется из компонентов, используемых в машинах для борьбы со СЛО – воды с растворенными в ней химическими реагентами с плотностью близкой к плотности воды ρ_v и сыпучего материала (песка) плотностью частиц ρ_n . Тогда плотность смеси составит:

$$\rho = \rho_v \cdot (1 - C) + \rho_n \cdot C ,$$

где C – процентное содержание песчаных частиц в смеси [3].

Согласно исследованиям в области гидроабразивного резания горных пород, наибольшая эффективность процессов достигается при концентрации абразивных частиц в жидкости около 20 % [4].

Для обоснования параметров струи и режимов работы машины для разрушения СЛО с поверхности дорог применяется экспериментальный метод исследования, позволяющий смоделировать рабочий процесс взаимодействия струи с массивом льда в условиях стенда и выявить закономерности. В качестве одного из вариантов такого оборудования разработан и изготовлен экспериментальный стенд с гидроабразивным резаком, закрепленным на винтовом податчике с гидравлическим управлением (рис. 3).

Перемещение льда осуществляется посредством подвижной тележки, движение которой обеспечивается тросом, наматываемым на барабан электропривода с изменяемой частотой вращения выходного вала.



Рис. 3. Стенд в процессе гидроабразивного разрушения льда

Гидроабразивный резак (рис. 4) состоит из корпуса 1, канала подвода абразива 2, коллиматора 3, канал подачи воды 4, струеформирующей насадки 5, установленной внутри корпуса гидроабразивного резака.

Испытанию подвергались образцы льда с $\sigma_{сж} = 2$ МПа при температуре 0°C . В ходе испытаний скорость перемещения образцов льда составляла $15 \cdot 10^{-3}$ м/с; давление воды – 0,6 МПа. Образцы льда подвергались воздействию струй воды без абразивных частиц и с абразивными частицами (кварцевый песок, фракция $2 \cdot 10^{-3}$ м).



Рис. 4. Гидроабразивный резак

В результате выполненной серии опытов зафиксирована средняя глубина проникновения струи h в массив льда в диапазоне от $20 \cdot 10^{-3}$ м до $45 \cdot 10^{-3}$ м, что подтверждает техническую возможность и целесообразность применения гидроструйной очистки для удаления СЛО с поверхности дороги. Однако для научно обоснованного выбора режимов работы инструмента и машины в целом необходимо выполнение исследований, раскрывающих закономерности взаимодействия струй с разрушаемым массивом СЛО.

Дальнейшие испытания будут направлены на:

- оценка эффективности удаления СЛО;
- закономерности, отражающие влияние свойств струи на эффективность удаления;
- поиск рациональных параметров струи в зависимости от свойств удаляемого СЛО;
- выбор формы механического податчика и пр.

Заключение

Гидроструйные технологии имеют важное преимущество – эффективное разрушение снежно-ледяных образований и удаление их с рабочей поверхности без нарушения целостности обрабатываемого объекта. Применение машины для гидроабразивной очистки СЛЮ возможно в сочетании со шнековым механическим питателем, обеспечивающим необходимый уровень подачи песка независимо от его плотности, влажности и температуры.

Литература

1. *Пушкарев А. Е.* Обоснование и выбор параметров гидроабразивного инструмента исполнительных органов горных машин с разработкой модулей высоконапорного оборудования: Тульский государственный университет, 1999.
2. *Репин С. В., Пушкарев А. Е., Воронцов И. И., Виноградова Т. В., Абросимова А. А.* Разработка новой машины для очистки дорог от снежно-ледяных образований // «Строительные и дорожные машины», 2022, № 4.
3. *Бреннер В. А., Жабин А. Б., Пушкарев А. Е., Щеголевский М. М.* Гидроабразивное резание горных пород. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003.
4. Разработка новой машины для очистки дорог от снежно-ледяных образований / С. В. Репин, А. Е. Пушкарев, И. И. Воронцов, Т. В. Виноградова, А. А. Абросимова // Строительные и дорожные машины. – 4/2022. – С. 33–37.

УДК 621.311.243

Владимир Александрович Немиров,
аспирант

Александр Евгеньевич Пушкарёв,

д-р техн. наук, профессор

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: nemirovvovan@bk.ru,

pushkarev-agn@mail.ru

Vladimir Aleksandrovich Nemirov,
postgraduate student

Alexander Evgenievich Pushkarev,

Dr. Sci.Tech., Professor

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: nemirovvovan@bk.ru,

pushkarev-agn@mail.ru

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВЫЯВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ СТРУИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УДАЛЕНИЯ СНЕЖНО-ЛЕДЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

SOLVING THE PROBLEM OF IDENTIFYING THE MECHANISM OF FORMATION OF A WATER JET FOR THE EFFECTIVE REMOVAL OF SNOW AND ICE DEPOSITS, TAKING INTO ACCOUNT THERMODYNAMIC PROCESSES

Одной из насущных проблем наших дорог и сегодня остается уборка снежно-ледяных отложений. Традиционное оборудование для дорожно-коммунальных машин, используемое для очистки дорожных поверхностей с помощью механических методов (ударных, вибрационных и др.), имеет свой существенный недостаток – оно разрушает не только снежно-ледяные образования, но и повреждает само дорожное покрытие. Поэтому предлагается использования очистки с помощью гидроабразивных струй воды, которые эффективно разрушают лед и снег с учетом термодинамических процессов, а также удаляют их с дорожной поверхности, при этом не нарушая целостности объекта обработки.

Ключевые слова: снежно-ледяные отложения, гидроабразивный инструмент, коммунально-дорожная машина, термодинамический процесс.

One of the pressing problems of our roads today remains the removal of snow and ice deposits. Traditional equipment for road and municipal vehicles, used to clean road surfaces using mechanical methods (shock, vibration, etc.), has its own significant drawback – it destroys not only snow and ice formations,

but also damages the road surface itself. Therefore, it is proposed to use cleaning using hydroabrasive water jets, which effectively destroy ice and snow taking into account thermodynamic processes, and also remove them from the road surface, without compromising the integrity of the treatment object.

Keywords: snow-ice deposits, water jet tool, municipal road vehicle, thermodynamic process.

1. Введение

Сменное рабочее оборудование коммунальных машин, используемое для очистки дорожного полотна стандартными механическими методами (ударными, вибрационными и т. д.), обладает основным недостатком – оно не только разрушает снежно-ледяные образования, но и повреждает поверхность дороги. То же самое можно наблюдать при ручной очистке дорожного полотна.

Гидроструйные технологии имеют значительное преимущество – они эффективно разрушают снежно-ледяные образования и удаляют их с поверхности без повреждения обрабатываемого объекта. Применение гидроабразивной машины для очистки снежно-ледяных отложений можно комбинировать с шнековым механизмом, который обеспечивает достаточный уровень поставки песка независимо от его плотности, влажности и температуры.

2. Методы исследования

Целью исследования является установление новых форм и закономерностей, раскрывающих механизм и обосновывающий эффективное применение метода гидроструйной очистки с учетом термодинамических процессов.

Процессом разрушения СЛО является воздействия на него струями воды и заполненным абразивом к конструкции стандартной поливочной машины, к которой оснащена система подачи воды под давлением, емкостями для воды, а также система хранения абразива – песка или крошки, под действием которого будет осуществляться наполнение водой и абразивными частицами.

3. Результаты и обсуждения

Гидроабразивное разрушение различных материалов, в том числе и горных пород, основывается на совместном воздействии

на материал непрерывных высокоскоростных струй воды и абразивных частиц, находящихся внутри этих струй (рис. 1.1).

В результате такого воздействия материал или разрезается насквозь (см. рис. 1.1, *а*), или в нем прорезается щель определенной глубины и ширины (см. рис. 1.1, *б*). Кроме того, использование различных типов абразивов позволяет производить очистку поверхностей от различных покрытий и ее полировку (см. рис. 1.1, *в*) [3].

Условия разрушения СЛЮ:

1. Динамическое давление струи P должно превышать предел прочности слоя на сжатие $[\sigma]$ (от 1 до 4 Мпа)

$$p \geq [\sigma], \quad (1)$$

где величина динамического давления струи:

$$p = \rho \cdot v^2, \quad (2)$$

ρ – плотность материала в струе, кг/м^3 ; v – скорость струи

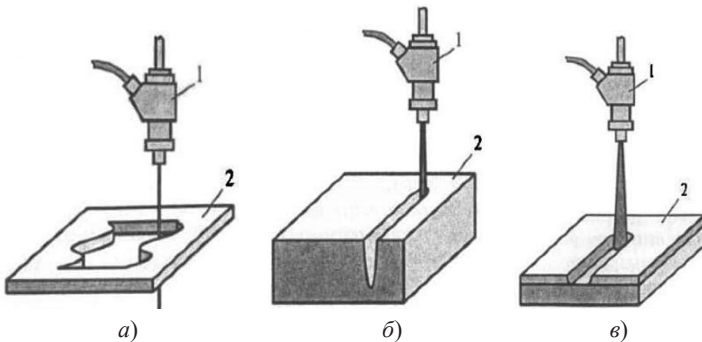


Рис. 1. Гидроабразивное разрушение различных материалов:
а – материал разрезается насквозь; *б* – в материале нарезается щель;
в – очистка инородной поверхности материала

2. Расход жидкости Q и начальная скорость v_0 на выходе из насадки:

Скорость, с которой жидкость вытекает из насадки, зависит от нескольких факторов:

- форма самой насадки;
- давление, прежде чем жидкость попадет в нее;
- вязкость и плотность смеси.

Чтобы определить расход жидкости Q и скорость ее выхода v_0 из насадки, можно использовать следующие формулы:

$$Q = v_0 \cdot \pi \cdot \frac{d_0^2}{4}, \quad (3)$$

где d_0 – диаметр выходного отверстия насадки;

$$v_0 = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{P_0}{\rho}}, \quad (4)$$

где φ – коэффициент скорости насадки (0,92 ... 0,95); P_0 – давление жидкости.

Экспериментальный метод исследования применяется для обоснования параметров струи и режимов работы устройства, используемого для удаления снежно-ледяных отложений с поверхности дорог. Этот метод позволяет смоделировать в стенде рабочий процесс взаимодействия струи с массивом льда и выявить закономерности термодинамических процессов.

Был создан и произведен экспериментальный стенд с гидроабразивным резаком, являющийся одним из вариантов такого оборудования, закрепленным на винтовом податчике с гидравлическим управлением.



Рис. 2. Экспериментальный стенд во время наладки гидроабразивной установки

Выводы:

- согласно исследованиям в области гидроабразивного резания горных пород, наибольшая эффективность процессов достигается при концентрации абразивных частиц в жидкости около 20 %;
- давление, развиваемое насосами комбинированных дорожных машин может достигать 10 Мпа;
- скорость движения машины определяется исходя из прочностных характеристик и толщины слоя СЛО;
- к известным моделям нет описания термодинамических процессов.

4. Заключение

Гидроструйные технологии, использующие высоконапорные струи для разрушения снежно-ледяных отложений, являются перспективным направлением развития техники. Они обладают важным преимуществом – эффективным разрушением твердой снежной поверхности и безопасным удалением их с поверхности объекта, не нарушая его целостность. Параметры струй возможно обосновать с использованием экспериментально установленных закономерностей метода гидроструйной очистки с учетом термодинамических процессов.

Литература

1. *Бреннер В. А., Головин К. А., Пушкарев А. Е., Романов В. А., Белякова Е. В.* Гидроструйные технологии обработки горных пород – Тула: Изд-во ТулГУ, 2009.
2. *Пушкарев А. Е.* Обоснование и выбор параметров гидроабразивного инструмента исполнительных органов горных машин с разработкой модулей высоконапорного оборудования: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Тула : Тульский государственный университет, 1999.
3. *Ретин С. В., Пушкарев А. Е., Воронцов И. И., Виноградова Т. В., Абросимова А. А.* Разработка новой машины для очистки дорог от снежно-ледяных образований // «Строительные и дорожные машины», 2022, № 4.
4. *Бреннер В. А., Жабин А. Б., Пушкарев А. Е., Щеголевский М. М.* Гидроабразивное резание горных пород. – М. : Издательство Московского государственного горного университета, 2003.
5. *Жабин А. Б., Аверин Е. ., Поляков А. В., Щеголевский М. М.* Анализ и доработка аналитического метода расчета гидроабразивной эрозии горных пород // Горное оборудование и электромеханика. – 2018. – №. 2
6. *Башта Т. М.* и др. Машиностроительная гидравлика: справочное пособие. – М. : Машиностроение, 1971.

УДК 621.311.243

Даниил Станиславович Колесниченко,
аспирант

Александр Евгеньевич Пушкарёв,

д-р техн. наук, профессор

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

E-mail: daniilkolessnichenko@yandex.ru,

pushkarev-agn@mail.ru

Daniil Stanislavovich Kolesnichenko,
postgraduate student

Alexander Evgenievich Pushkarev,

Dr. Sci.Tech., Professor

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: daniilkolessnichenko@yandex.ru,

pushkarev-agn@mail.ru

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОММУНАЛЬНЫХ МАШИН НА УНИВЕРСАЛЬНОМ ШАССИ

STATEMENT OF THE TASK OF DEVELOPING A METHOD FOR SUBSTANTIATING THE PARAMETERS OF AN ELECTRIC POWER PLANT FOR UTILITY VEHICLES ON A UNIVERSAL CHASSIS

В настоящее время автомобили с электрическими силовыми установками получают повсеместное распространение. Однако подавляющее большинство таких автомобилей рассчитано на выполнение только транспортной работы. Технологическая работа отличается от транспортной тем, что не может быть рассчитана по универсальной методике для разных видов операций. Так как электрические двигатели имеют много преимуществ для работы в городских условиях, задача создания коммунальных машин с электрическими силовыми установками является актуальной. Однако, на данный момент не существует методик по выбору и обоснованию параметров таких машин.

Ключевые слова: коммунальная машина, электрическая силовая установка, транспортная работа, технологическая работа, навесное оборудование, уборка снега, плужный снегоочиститель, снежно-ледяные отложения.

Currently, vehicles with electric powertrains are becoming increasingly widespread. However, the vast majority of such vehicles are designed to per-

form only transport work. The main difference between technological and transport work is the impossibility of calculating it by a universal method for different types of operations. Since electric motors have many advantages for working in urban environments, creating utility vehicles with electric power plants is an urgent task. However, at present there are still no methods for selecting and justifying the parameters of such machines.

Keywords: utility vehicle, municipal vehicle, electric power plant, transport work, technological work, attachments, snow removal, snow plow, snow and ice deposits.

Сейчас существуют методики обоснования параметров электрических силовых установок машин, выполняющих только транспортную работу, таких как легковые автомобили, троллейбусы с автономным ходом, электробусы, легкие коммерческие автомобили, однако коммунальная машина должна выполнять не только транспортную, но и технологическую работу. В качестве задачи исследования была выбрана разработка метода обоснования параметров электрической силовой установки коммунальной машины.

Актуальность темы данного исследования заключается во все более широком применении электрических силовых установок на транспортных средствах и малой изученности возможностей данных силовых установок по совместному выполнению транспортной и технологической работы.

При подготовке статьи был проведен обзор литературы по темам:

- разработка методики рационального выбора характеристик рабочего процесса коммунальной уборочной техники;
- расчет основных параметров разбрасывателя сыпучих материалов;
- обоснование конструктивных параметров и режимов работы гидроабразивной установки для удаления льда с рабочих поверхностей объектов транспортной инфраструктуры;
- математическая модель рабочего процесса коммунальной машины как сложной динамической системы.

Транспортная работа – это количество перевезенного груза или пассажиров на расстояние перевозки за определенное время,

определяется в тонно-километрах или в пассажиро-километрах. Транспортная работа подсчитывается умножением перевезенного груза (пассажиров) на расстояние ездки или нескольких ездок за рабочий день. [1]

Так как существуют методики расчета транспортной работы, создание электромобилей различной грузоподъемности и пассажироместимости зависело только от уровня спроса на такие автомобили. Транспортные средства с электрическими двигателями появились раньше бензиновых, но к началу 1920-х годов были вытеснены последними из-за сложности зарядки и малой скорости.

К концу 1960-х годов в некоторых странах, например, в Великобритании электромобили нашли широкое применение в сфере доставки легких грузов, таких как продукты питания и бытовые товары, на небольшие расстояния.

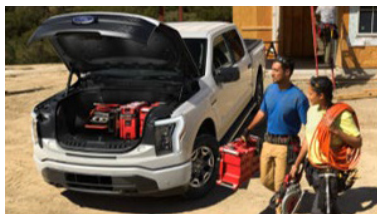
В XXI веке в связи с развитием технологий производства аккумуляторных батарей и систем регулирования параметров электрических силовых установок, а также благодаря интересу к экологичным автомобилям без шума и выхлопных газов со стороны как потенциальных покупателей, так и правительств многих стран, электромобили стали получать все более широкое распространение.

Так как многие страны стали проводить политику на ужесточение экологических норм, а также на постепенный отказ от транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания, электрификации подверглись не только легковые автомобили, но и автобусы, грузовые автомобили различного назначения, от бортовых машин и тягачей до мусоровозов [2].

Коммунальные машины выполняют различные операции, такие как распределение сыпучих и распыление жидких реагентов, подметание щетками, полив и уборка с помощью вакуумных установок дорожного покрытия, очистка от снега с помощью плужных и метательных снегоочистителей, очистка от льда с помощью механических скальвателей и гидроабразивных агрегатов, скашивание травы и стрижка кустарников вдоль обочин дорог с помощью специальных триммеров.



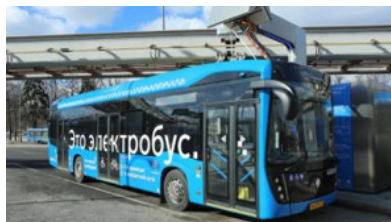
а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Электромобили, выполняющие транспортную работу:
а – легковой; б – легкий коммерческий;
в – электрический грузовик; г – электробус

Технологическая работа значительно отличается по величине и характеру изменения в зависимости от вида выполняемой операции. Она может быть:

- незначительной и стабильной по времени, не требующей отбора большой мощности силовой установки, как при разбрасывании песка;
- заметной и имеющей выраженные пики, требующей более значительных затрат мощности силовой установки, как при поливе;
- значительной с резким увеличением, требующей больших затрат мощности, как при уборке снега плужным или метательным снегоочистителем.

Особенности условий работы силовой установки коммунальных машин:

- необходимость работы круглый год в различных климатических условиях;
- необходимость простого и быстрого обслуживания, малого времени восстановления работоспособности машины при проведении ремонта;

- необходимость быстрого регулирования параметров движения и рабочих процессов (ускорение и замедление машины, управление оборудованием машины);
- необходимость обеспечения движения машины при скоростях от 0,5–0,8 км/ч до 45–50 км/ч;
- необходимость соответствия нормам по уровню шума и выхлопных газов.



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 2. Коммунальные машины на базе грузовиков с различным оборудованием: а – с плужным снегоочистителем; б – с щетками для подметания и баками для полива; в – с вакуумно-уборочной установкой; г – с цистерной и оборудованием для полива; д – с шнеко-роторным снегоочистителем; е – с триммером для стрижки обочин

Исходя из данных условий работы машины, можно сделать вывод о том, что электрическая силовая установка может эффективно применяться на коммунальной технике, так как электродвигатель сравнительно прост в обслуживании, не производит выхлопных газов и шумового загрязнения, способен быстро менять параметры по сигналу системы контроля.

Было выявлено, что существуют методики расчета плужных снегоочистителей, снегоочистителей с метательным рабочим органом, а также основы расчета дорожных щеток для летнего содержания дорог [3].

Существуют современные исследования по теме методики расчета рабочих процессов и ресурса щеток подметального агрегата коммунальной уборочной машины [4].

Существуют обоснованные предложения по созданию системы спутникового мониторинга для дифференцированного внесения сыпучих удобрений [5]. Несмотря на то, что данная тема напрямую не связана с коммунальными машинами, принцип работы системы спутникового мониторинга подходит для использования в сфере коммунального хозяйства.

Существует блок-схема рабочего процесса коммунальной машины, математическая модель рабочего процесса коммунальной машины. После анализа математической модели, разделенного на 2 этапа, был сделан вывод о значительном влиянии устройства управления на своевременное прижимание щеточного рабочего оборудования к поверхности при наличии на ней различных неровностей. Устройство управления позволяет сохранять силу прижатия щетки к поверхности в заданных пределах при наличии насосов гидросистемы щеточного оборудования, обеспечивающих своевременное прижатие [6].

Существуют исследования по использованию гидроабразивной установки для очистки от ледяных отложений. Было выявлено, что задача гидроабразивной очистки создает значительную технологическую работу и приводит к значительным затратам мощности силовой установки. Использование данной установки требует углубленного изучения с учетом закономерностей, отражающих связь эффективности работы с параметрами процесса.

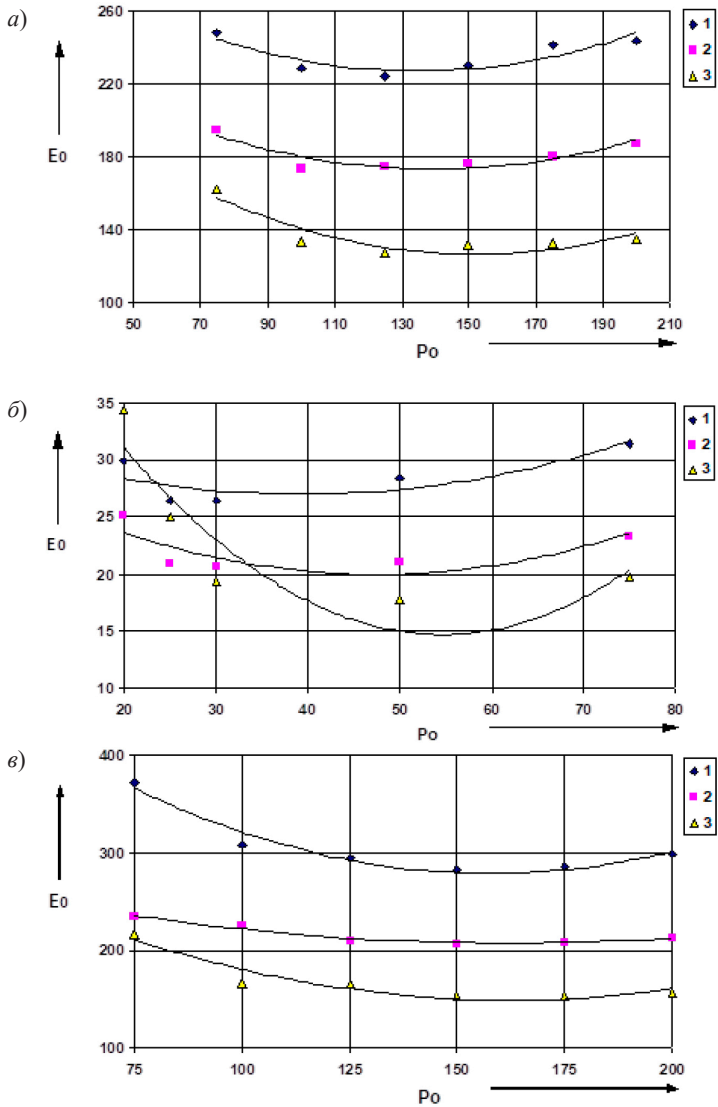


Рис. 3. Графики зависимости энергоемкости резания E_0 , МДж/м², от давления воды P_0 , МПа, при резании: а – гранита ($\sigma_{сж} = 115,5$ МПа); б – известняка ($\sigma_{сж} = 90,1$ МПа); в – мрамора ($\sigma_{сж} = 27,2$ МПа)

Анализ зависимостей энергоемкости E_0 (МДж/м²) гидроабразивной резки в зависимости от давления воды P_0 (МПа) показал, что они изменяются по закону близкому к параболическому, с ярко выраженной областью минимальных значений. [7] Это позволяет сделать предположение, что чем тверже будут ледовые отложения, тем больше будет технологическая работа гидроабразивной установки для разрушения ледового покрытия.

Заключение

Таким образом, в процессе исследования были изучены различные работы по тематике коммунальных машин. Было выявлено, что существуют работы по изучению параметров отдельного оборудования коммунальных машин, такого как пескоразбрасыватели, подметальные щетки, плужные снегоочистители. Также существуют исследования систем дистанционного контроля параметров коммунальных машин.

Литература

1. *Наумов Б. А., Чередников А. А., Косарев И. Д.* Автомобиль (Учебник водителя второго класса) М. : Изд-во «Транспорт» 1975.
2. *Хитрых Д. П.* Электромобили: мировые тренды, проблемы и перспективы // Энергетическая политика – 2021 – № 1(155) – с. 22–33.
3. *Пиковский Я. М., Полосин-Никитин С. М., Воцнин Н. П., Баловнев В. И.* Дорожные машины и оборудование (Машины и заводы для постройки дорожных покрытий). М. : Изд-во МАШГИЗ.
4. *Ленеш Г. В., Ленеш А. Г.* Разработка методики рационального выбора характеристик рабочего процесса коммунальной уборочной техники // Техно-технологические проблемы сервиса – 2012 – № 1(19) – с. 24–31.
5. *Белоусов С. В.* Внесение сыпучих материалов при помощи центробежных разбрасывателей. Существующие проблемы и пути их решения // Научный журнал КубГАУ – 2014 – № 104(10) – URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/129.pdf>
6. *Корытов М. С., Щербаков В. С., Титенко В. В., Игнатов С. Д., Цехохш С. И.* Математическая модель рабочего процесса коммунальной машины как сложной динамической системы // Динамика систем, механизмов и машин – 2019 – Том 7, № 1 – с. 111–116.
7. Обоснование конструктивных параметров и режимов работы гидроабразивной установки для удаления льда с рабочих поверхностей объектов транспортной инфраструктуры в Арктических регионах: отчет о НИР / ФГБОУ ВО СПбГАСУ; исполн.: А. Е. Пушкарев, нормоконтрол. Н. С. Феофанова. Санкт-Петербург, 2022. 37 с. Библиогр.: с. 35.

УДК 631.3

Павел Анатольевич Пегин,
д-р техн. наук, доцент,
завкафедрой
Алина Владимировна Павловец,
магистр
(Петербургский государственный
университет путей сообщения
Императора Александра I)
Павел Вячеславович Колчин, инженер
(ООО «Джетекс»)
E-mail: ppavel.khv@gmail.com,
pavlovec@pgups.ru

Pavel Anatolyevich Pegin,
Dr. Sci. Tech., Associate Professor,
Head of the Department
Alina Vladimirovna Pavlovets,
Master's degree
(Emperor Alexander I
St. Petersburg
State Transport University)
Pavel Vyacheslavovich Kolchin, engineer
(LLC "Dzhetex")
E-mail: ppavel.khv@gmail.com,
pavlovec@pgups.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ПЛАТФОРМЫ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

RELEVANCE OF CREATING A UNIFIED PLATFORM FOR MONITORING TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE FACILITIES IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Рассмотрены возможности удаленного мониторинга объектов транспортной инфраструктуры, расположенной в Арктической зоне Российской Федерации, которые предоставляют собой современные системы диспетчеризации. Предложена идея мониторинга с применением датчиков и беспилотных летательных аппаратов с выводом этих данных в единую платформу.

Ключевые слова: удаленный мониторинг, системы диспетчеризации, беспилотные летательные аппараты, единая информационная платформа.

The possibilities of remote monitoring of transport infrastructure facilities located in the Arctic zone of the Russian Federation, which are provided by modern dispatching systems, are considered. The idea of monitoring with the use of sensors and drones with the output of these data into a single platform is proposed.

Keywords: remote monitoring, dispatching systems, unmanned aerial vehicles, unified information platform.

В ходе исследования и освоения Арктического региона было подтверждено, что в Арктическом регионе располагаются многочисленные месторождения полезных ископаемых, таких как никель, олово, платиноиды, золото и алмазы, а также нефти и газа. Объем нефтегазового потенциала Арктической зоны оценивается свыше 100 млрд тонн, что составляет порядка 30 % мировых нефтегазовых запасов [1].

В Арктической зоне России проживает 2,5 миллиона человек в более, чем 130 городах. Кроме того, на севере расположена огромная военная инфраструктура, а так же огромная и важная часть нефте- и газодобывающей отрасли. Вместе с нехваткой трудовых ресурсов, огромными расстояниями и протяженностью линий инфраструктуры, суровый климат русского севера делает мониторинг и отслеживание достаточно сложной задачей. Отсутствие наблюдения может стать причиной крупных техногенных и экологических катастроф и аварий, как, к примеру, произошедший в 2020 году разлив дизельного топлива в Норильске.

Современные технологии предоставляют возможность отслеживать важные системы, части инфраструктуры на значительном удалении от населенных объектов, автоматизировано, без постоянного контроля человека, а также, оповещать о неполадках, вести журнал ошибок. Ввиду этого предлагается идея оборудования критически важных элементов инфраструктуры, таких, как: трубопроводы, мосты, железные дороги, водные морские пути, современными средствами мониторинга и диспетчеризации. Они включают в себя: различные датчики, логические контроллеры, модули связи, оптическое наблюдение в различных спектрах, а также использование беспилотных летательных аппаратов. Все данные, получаемые от этих средств, предполагается увязывать на единой цифровой платформе мониторинга, на которую будут поступать и там анализироваться все данные, получаемые от датчиков в реальном времени.

Представляется целесообразным построение интерактивной системы диспетчеризации с использованием элементов искусственного интеллекта (рис. 1). Ввиду высокой скорости обработки данных, искусственный интеллект может в сотни раз быстрее анализировать данные изображений и потокового видео,

полученного из различных внешних источников, таких, как камера, установленная на беспилотном летательном аппарате, камера, установленная стационарно около диспетчеризируемого объекта. Проанализировав изображение и выявив на нем какое-либо отклонение, система оповестит об этом эксплуатирующий персонал.

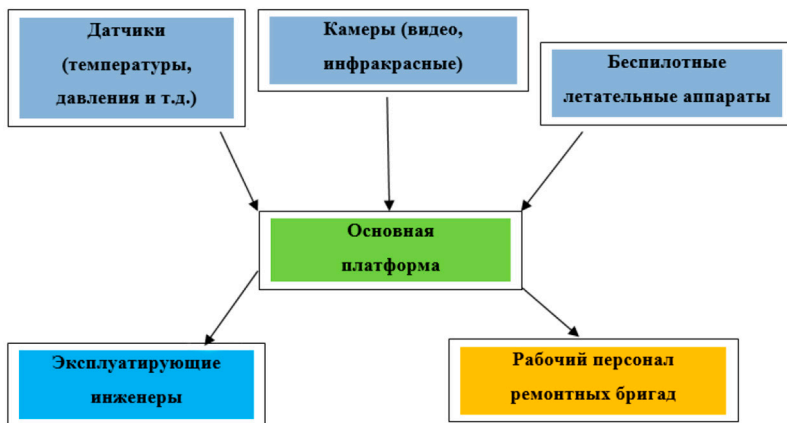


Рис. 1. Схема составляющих элементов системы диспетчеризации

Данная система позволит снизить расходы на эксплуатацию инфраструктурных объектов, а также нагрузку на эксплуатирующий персонал. Кроме того, данный проект значительно уменьшит время реагирования на различные чрезвычайные ситуации.

Кроме того, следует упомянуть фактор повышения экологичности при введении в эксплуатацию данной системы. Если говорить о эксплуатации нефте- и газопроводов, то это связано с несколькими факторами, к которым можно отнести энергоемкую технику, на которой передвигается персонал, осуществляющий осмотр состояния данной инфраструктуры. Данная техника, ввиду схожести рельефа, расходует большое количество топлива.

Можно рассмотреть пример удаленного мониторинга нефтепровода Заполярье – Пурпе – Самотлор – самого северного магистрального нефтепровода, построенного в 2017 году. Протяженность данного нефтепровода 906 километров. В инфраструктуру нефтепровода входят пять нефтеперекачивающих насосных станций и пункты по-

догрева нефти. Многие участки нефтепровода находятся под землей, остальные же расположены на специальных опорах. Нефтепровод имеет большое количество труднодоступных для постоянного наблюдения участков, а до некоторых возможно добраться только на специальной технике. Между тем, мониторинг состояния трубопровода-крайне важная задача, так, как только за один день по нему проходит 123 288 тонн нефти под давлением 63 кгс/м². Можно представить какой ущерб будет нанесен при повреждении такого трубопровода. Для обеспечения мониторинга труднодоступных участков предлагается оборудовать их системой датчиков. Эти датчики будут отслеживать появление нефти во внешней среде, подвижки грунта, температуру, видеокамеры позволят осуществить визуальный контроль. Камеры инфракрасного света позволят отследить, не прогревает ли нефтепровод грунт, а беспилотные летательные аппараты осуществят мониторинг с воздуха. Подключать и питать эту аппаратуру предполагается по линии, проложенной вдоль нефтепровода, а на особо протяженных участках через автономные блоки диспетчеризации, оборудованные контроллерами и системами связи.

На онлайн-платформе, куда будут поступать данные, будет возможность в режиме реального времени отследить данные с любого датчика, посмотреть историю событий, либо подключиться к онлайн камере. Доступ к данной платформе будут иметь все ответственные лица.

Экономическому развитию Арктической зоны РФ будет способствовать развитие транспортной системы в Арктике. Это позволит обеспечить и создать благоприятные условия жизнедеятельности в Арктическом регионе, транспортную доступность, а также будет способствовать ускоренному освоению месторождений нефти, газа и полезных ископаемых, а также их экспорта [2].

При рассмотрении транспортной системы Арктической зоны РФ доминирующее значение из всех видов транспорта имеет морская транспортная система Арктического региона. Данная система обеспечивает перевозки по Северному морскому пути (СМП). На рис. 2 представлен объем перевозок грузов в акватории Северного морского пути [7].

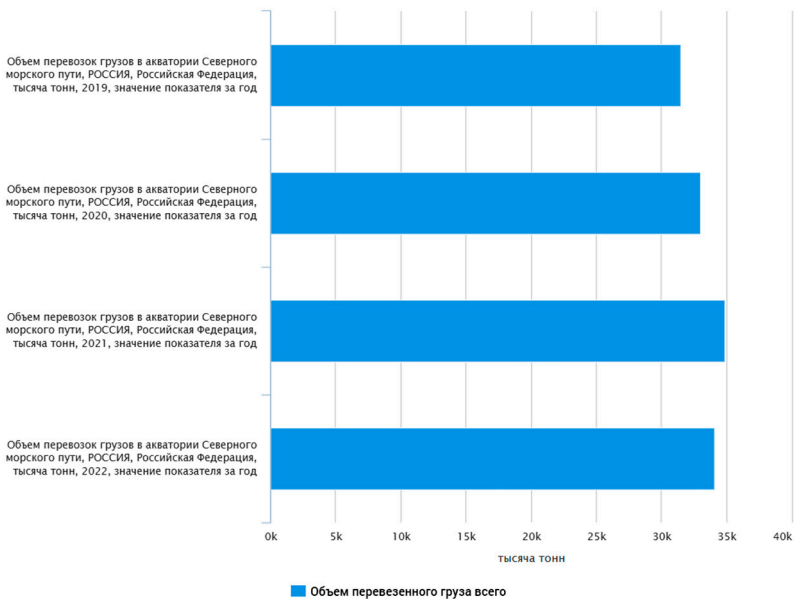


Рис. 2. Объем перевозок грузов в акватории Северного морского пути

СМП является важнейшей частью инфраструктуры экономического комплекса Крайнего Севера и связующим звеном между российским Дальним Востоком и западными районами страны. СМП объединяет в единую транспортную сеть крупнейшие речные артерии Сибири. Также Северный морской путь обеспечивает национальную безопасность Российской Федерации в Арктике. Осуществление мониторинга обстановки на объектах СМП и на судоходных маршрутах является важнейшей задачей для планирования логистики, развития инфраструктуры и обеспечения безопасности на северных территориях. Наблюдение за развитием ключевых инфраструктурных проектов и мониторинг загрузки перевалочных баз позволяет повысить качество планирования и прогнозирования операционной деятельности в Арктике. Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга поможет идентифицировать суда, нелегально занимающиеся промыслом

или находящиеся в охранных зонах или в пограничных районах территориальных вод.

Анализ ледовой обстановки, изменений береговой линии, состояния объектов инфраструктуры и ряда других факторов поможет оптимизировать маршруты доставки грузов в Арктике.

Не менее важным транспортным направлением является железнодорожная сеть Арктической зоны Российской Федерации. В Арктической зоне расположены 3300 км железнодорожных путей, проложенных в исключительно трудных климатических условиях. Помимо климата, сложность прокладки новых путей и эксплуатацию старых затрудняет вечная мерзлота северных районов. Подвижки грунта в результате глобального потепления представляют серьезную проблему. В данной ситуации целесообразно использование системы мониторинга и диспетчеризации с применением искусственного интеллекта.

В регионах Арктической зоны Российской Федерации инновационные технологии внедряются не так активно, как в остальных регионах страны. Применение беспилотных летательных аппаратов, в частности для мониторинга, контроля объектов, фото- и видеосъемки, активно внедряется в такие отрасли экономики как строительство, сельское хозяйство, логистика, энергетика и другие.

В Арктической зоне РФ применение беспилотных летательных аппаратов усложняют климатические, социально-экономические, логистические факторы [3]. Но при этом показывают необходимость их более активного внедрения.

Очевидно, что для внедрения беспилотных летательных аппаратов в условиях Крайнего Севера необходима техническая проработка данного вопроса. Технологии применения БПЛА значительно расширяется с внедрением новых типов материалов изготовления, механизации, а также источников питания [4]. Увеличение времени и дальности полета возможно за счет применения водородных топливных элементов. Данные элементы более эффективны, чем аккумуляторы, к тому же имеют меньший вес.

Информационные технологии и обработка данных также активно совершенствуются. Внедряются нейронные сети, автономные бортовые системы которые позволяют осуществлять поставленные

задачи в автоматическом режиме, прокладывая оптимальный курс [5, 6]. Камеры аппаратов позволяют произвести оценку состояния объектов и сооружений транспортной инфраструктуры, включая объекты морских, железнодорожных и авиационных транспортных систем. Технология FirstPersonView позволяет отслеживать беспилотный летательный аппарат, а также видеть материалы с камеры в режиме реального времени. Эта технология позволяет оперативно фиксировать и устранять неисправности на объектах. В Таблице приведены основные моменты при эксплуатации БПЛА в единой системе мониторинга в Арктической зоне Российской Федерации:

**Основные моменты эксплуатации БПЛА
в единой системе мониторинга в АЗ РФ**

Сенсоры	Видео/Фото/Тепловизор
Планирование и управление БПЛА	Удаленное управление Применение БПЛА с различной аппаратурой
Обработка и доведение информации	Удаленный сервис автоматизированной обработки информации Защищенная передача и хранение данных мониторинга Транслирование данных в реальном масштабе и времени Интеграция в информационную систему
Эксплуатация	Применение единой платформы мониторинга Мониторинг транспортной инфраструктуры Защищенность персонала и аппаратуры Применение автоматизированных обучающих систем

При рассмотрении организации локальной связи, предлагается взять за основу патент открытого акционерного общества «Московский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский радиотехнический институт» (ОАО «МНИРТИ»). Технический результат заключается в расширении функциональных возможностей по осуществлению контроля состояния территории с разрушенной инфраструктурой связи за счет обеспечения радиосвязи с использованием БПЛА, в том числе между разнотипными абонентами, разнесенными на большое расстояние [8] (рис. 3).

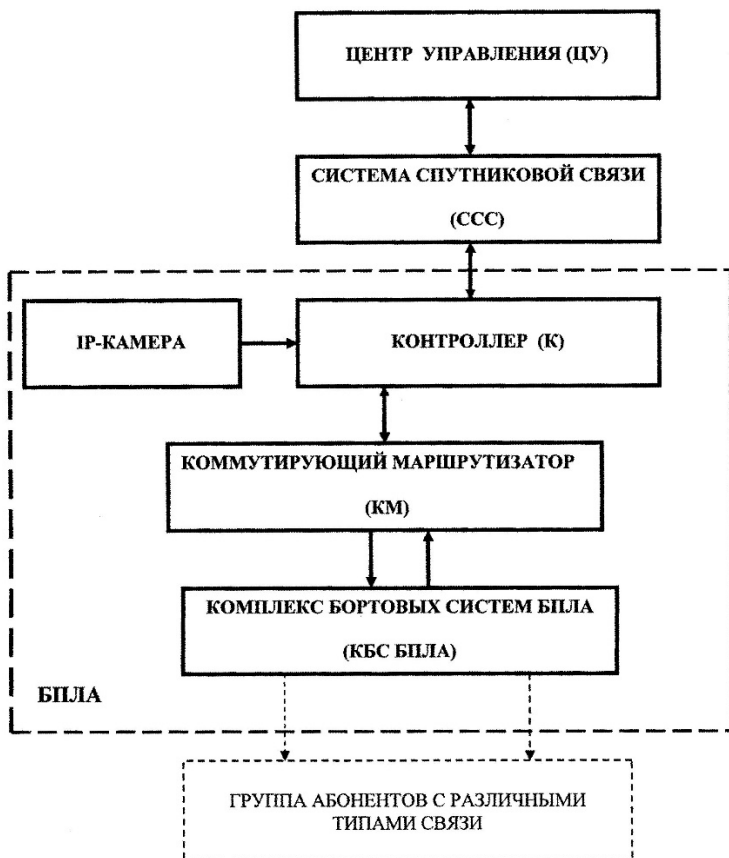


Рис. 3. Функциональная схема локальной сети

В перспективе развития технологии лежит оснащение камер искусственным интеллектом и машинным зрением, что позволит по данным снимков и значениям трехмерных координат точек на местности формировать трехмерные модели местности, которые в дальнейшем позволят производить анализ и осуществлять прогноз, а также повысят точность характеристик измерений.

Арктическая зона Российской Федерации является важнейшим вектором развития страны в настоящее время, что предполагает

под собой развитие транспортных систем и инфраструктуры региона [9]. Внедрение современных средств мониторинга и диспетчеризации, в том числе удаленного мониторинга и мониторинга с применением беспилотных летательных аппаратов позволяют обеспечить безопасность объектов региона, быстрое реагирование на возможные происшествия и неполадки, тем самым способствуя эффективному и быстрому развитию региона.

Литература

1. Грузинов В. М., Зворыкина Ю. В., Иванов Г. В. и др. Арктические транспортные магистрали на суше, акваториях и в воздушном пространстве // Арктика: экология и экономика. – 2019. – № 1 (33) – С. 6 – 20 DOI:10.25283/2223-4594-2019-1-6-20.
2. Серова Н. А. Основные тенденции развития Основные тенденции развития транспортной инфраструктуры российской Арктики / Н. А. Серова, В. А. Серова // Арктика и Север. 2019. № 36. С. 42–56. DOI 10.17238/issn2221-2698.2019.36.42.
3. Клепач А. Н., Разбегин В. Н. Роль транспортных проектов в развитии Арктики и русского Севера // Гос. аудит. Право. Экономика. – 2017. № 1. – С. 121–124.
4. Пегин П. А. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов в умном городе // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2019. – № 2 (23). – С. 28–33.
5. Для энергоснабжения Арктики нашли новое технологическое решение / [Электронный ресурс] // RG.RU : [сайт]. – URL: <https://rg.ru/2022/04/26/reg-szfo/dlia-energосnabzheniia-arktiki-nashli-novoe-tehnologicheskoe-reshenie.html>
6. Арктика / [Электронный ресурс] / TrreTex: [сайт]. URL: <https://rg.ru/2022/04/26/reg-szfo/dlia-energосnabzheniia-arktiki-nashli-novoe-tehnologicheskoe-reshenie.html/>
7. Объем перевозок грузов в акватории Северного морского пути. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) / [Электронный ресурс] // URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/51479/>
8. Патент № 2554517 Российская Федерация МПК H04W 92/00 (2009.01) H04B 7/26 (2006.01). Комплекс обеспечения радиосвязи с использованием беспилотного летательного аппарата (бпла) на территории с разрушенной инфраструктурой связи в зонах стихийного бедствия и чрезвычайных ситуаций: №2013136335/08., опубл. 27.06.2015 Бюл. № 18 / Володин Евгений Александрович (RU), Невзоров Юрий Витальевич (RU), Грибанов Александр Сергеевич (RU) – 11 с.
9. Спиридонов А. А., Фадеев А. М. Системное развитие транспортной инфраструктуры в Арктике / [Электронный ресурс] // Арктика 2035: [сайт]. – URL: <https://rg.ru/2022/04/26/reg-szfo/dlia-energосnabzheniia-arktiki-nashli-novoe-tehnologicheskoe-reshenie.html/>

УДК 631.3

Оксана Олеговна Ковалева,
магистр
Константин Александрович Головин,
д-р техн. наук, доцент
(Тульский государственный
университет)
E-mail: kagolovin@mail.ru

Oksana Olegovna Kovaleva,
Master's degree
Konstantin Aleksandrovich Golovin,
Dr. Sci. Tech., Associate Professor
(Tula State
University)
E-mail: kagolovin@mail.ru

СТАНОВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ РОССИЙСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

FORMATION OF MODERN RUSSIAN ARCHITECTURE

Архитектура – это ключевой аспект культурного наследия и воплощение духа времени каждой страны. В контексте России, с ее богатой историей, культурным влиянием и историческими предпосылками, процесс становления современной архитектуры представляет особый интерес.

Сегодняшние постройки – это результат сложного взаимодействия исторических корней и современных амбиций страны.

Ключевые слова: культура, влияние востока, христианство, императорская эпоха, социальные изменения, современные решения.

Architecture is a key aspect of cultural heritage and the embodiment of the zeitgeist of each country. In the context of Russia, with its rich history, cultural influence and historical background, the process of formation of modern architecture is of particular interest.

Today's buildings are the result of a complex interaction between the country's historical roots and modern ambitions.

Keywords: culture, Eastern influence, Christianity, imperial era, social changes, modern solutions.

Современная Российская архитектура – это результат многовекового развития, взаимодействия разных культур и событий в истории страны. Она отражает богатое и разностороннее наследие России, ее стремление к инновациям и современности. Сегодня российские архитекторы продолжают удивлять уникальными и вдохновляющими проектами, стремятся создать что-то

новое, что будет отражать дух времени и амбиции культурной идентичности страны.

Исторический контекст не только оказывает воздействие на современную архитектуру, но и является пронизывающей нитью современности. Российская культура имеет богатую историю, начиная с древних православных храмов и заканчивая советскими конструкциями. Это служит основой для современных архитекторов, вдохновляя профессионалов на современные интерпретации давних традиций. Условно формирование современной Российской архитектуры можно разделить на несколько этапов:

1. Влияние Восточных культур.

Одной из первых предпосылок формирования российской архитектуры было влияние Восточных культур. Их мотивы и декоративные элементы стали частью городской среды, которые придают ей уникальную атмосферу и характер. В период средневековья Россия поддерживала дипломатические отношения с Персией и их культура принесла нам декоративные элементы и арочные структуры храмов, дворцов и церквей. Такое же сильное влияние оказало и Татарско-Монгольское Владычество. Власть Золотой орды оставила свой след в архитектуре русских земель в виде минаретов и мозаек. Культурное наследие Византийской империи служило партнером для Древней Руси. Особенно хорошо это прослеживается в православных храмах, таких как Софийский собор с луковичными куполами. Влияние восточных культур на русскую архитектуру выражается в арочных формах, декоративных элементах и мозаике, луковичных куполах и внутреннем дворике, который стал популярен особенно в создании дворцовых комплексов.

2. Православие и Христианство.

Религиозные церковные сооружения, православные храмы и соборы оказали глубокое влияние на архитектуру России. Они стали не только символами веры, но и архитектурными памятниками, традиции которых сохранили древние формы и структуры по сей день.

Внутреннее убранство храмов символично и богато даже спустя время. Иконостаты, мозаики и живопись на стенах отражает богатство православной иконографии и дух веры. Архитектурные

решения храмов часто определяются обрядами православной церкви. Например, алтарь является местом богослужения и поэтому это главный элемент в архитектуре храма.

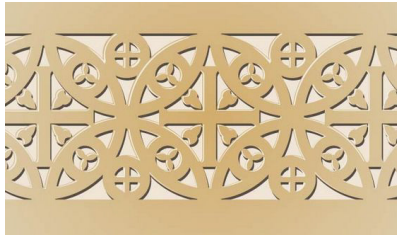


Рис. 1. Византийский орнамент

3. Императорская эпоха.

Эпоха правления императоров, таких как Петр 1 и Екатерина 2, привнесла в Россию влияние западноевропейской архитектурной моды. Этот период характеризовался созданием императорских дворцов, парков и соборов в стилях классицизм барокко. Эти архитектурные шедевры по-прежнему служат важными историческими достопримечательностями. Эта эпоха привнесла в Россию богатые декоративные формы. Императоры активно использовали стиль барокко для создания зданий государственного значения, знаменитых архитектурных ансамблей, такие как Эрмитаж и Зимний дворец.

Современные российские архитекторы активно обращаются к элементам классицизма и барокко, проектируя новые дворцовые комплексы, резиденции и официальные здания, придавая им изящность, величественность и роскошь.

4. Смешение стилей и социальные изменения Советского периода.

XX век в России характеризуется огромными социальными изменениями, что не могло не отражаться на архитектуре того времени. Смешение стилей, стремление к современным тенденциям и функциональным решениям стало основой архитекторов в Советский период. Такие архитекторы как Илья Голосов и Константин Мельников внесли свой вклад в развитие современного стиля.

В послереволюционной России получили развитие авангардные течения, такие как конструктивизм, социалистический реализм и функционализм в проектировании не только в проектировании зданий, но и в живописи, скульптуре и других направлениях искусства. Монолитность форм и геометризм стали частью жизни обычных граждан.



Рис. 2. Архитектура советского авангарда

Русский авангард – это исключительное явление в мировой архитектуре, главной задачей которого являлось устройство нового образа жизни. Главной развивающейся доминантой в развитии этого стиля стала Уральская область. Наверное, нигде, как в Екатеринбурге не найти такого огромного количества объектов авангардного искусства.

Не смотря на мощь и неповторимость течения, оно стало запретным и на время сменилось «сталинским» ампиром с орнаментами, скульптурами и лепниной.

На сегодняшний день, архитекторы проявляют интерес к творческому наследию советского авангарда не просто так. Бешеный ритм современных городов, перенасыщение социальными, информационными и эмоциональными условиями само подталкивает к необходимости простых архитектурных форм, простоте и лаконичности. Современные специалисты формируют новое представление об архитектуре на основе неповторимых произведений авангарда.

В послевоенный период перед страной стояла задача скорейшего восстановления городов и архитектура стала приоритетным направлением народного хозяйства. В конце 1940-х — начале 1950-х в Москве были построены «сталинские высотки», ставшие классическими образцами сталинской архитектуры. Это главное здание МГУ на Воробьевых горах, жилой дом на Котельнической набережной, здание Министерства иностранных дел, жилой дом на Кудринской площади, высотное здание на площади Красных Ворот и гостиница «Ленинградская».

В типовой жилищной застройке появились всем известные «сталинки», которые отличались своей монументальностью и полным отсутствием декора.

На сегодняшний день, такие дома пользуются популярностью на рынке вторичного жилья. Они строились по высоким технологическим стандартам с запасом прочности в 120–150 лет. Как правило, «сталинки» действительно были хороши для проживания, имея хорошую тепло- и звукоизоляцию.

31 июля 1957 года советское правительство объявило о массовой застройке российских городов, и именно так появились «хрущевки». Это маленькие квартиры, которые строились из панельных блоков, они были не такими качественными, но дешевыми.

Брежневки стали заключительной стадией в типовых застройках советского периода. Пик застройки пришелся на конец 60-х по конец 80-х годов. Как правило они были из железобетонных плит или силикатного кирпича. По сути брежневки – это улучшенные хрущевки, в народе так и прозванные «улучшенки».

Россия пережила политические и экономические изменения после распада СССР. Этому периоду присуще разнообразие стилей и направлений, синтез новаторства и традиций.



Рис. 3. Строительство «хрущевок»

Современная российская архитектура имеет ряд уникальных особенностей:

- 1) Многофункциональность.
- 2) Синтез стилей
- 3) Устойчивость к инновациям
- 4) Сохранение культурного наследия

Восточные мотивы стали частью декора современной архитектуры. Православные храмы и церкви остаются символами духовной значимости и культурного наследия, влияя на архитектурный ландшафт. Элементы императорской эпохи, такие как роскошь дворцов и парадных зданий, остаются вдохновляющими образцами архитектурного мастерства. Советская эпоха, с ее упором на функциональность, также оставила свой след в многих городских комплексах.

Современная Российская архитектура, однако, не ограничивается повторением прошлого. Она активно интегрирует эти элементы в современные проекты, создавая уникальные и инновационные решения. Синтез стилей и использование современных технологий позволяют архитекторам создавать здания и комплексы, которые сочетают в себе красоту прошлого и потенциал будущего.

Храм Христа Спасителя, Москва: Этот современный православный храм восстановленный после разрушения в советский период. Он сочетает в себе внешний вид и декоративные элементы древних православных храмов с современными инженерными решениями.

Здания «Газпрома» в Санкт-Петербурге: Эти современные офисные комплексы сочетают в себе функциональность советской архитектуры с современными структурными и инженерными решениями.

Центральный Детский магазин (ЦУМ), Москва: Этот исторический торговый комплекс, построенный в советское время, подвергся реновации и теперь сочетает в себе советский архитектурный стиль с современным дизайном интерьера и технологическими решениями.

«Зарядье» в Москве: Этот современный городской парк соединяет в себе восточные мотивы, православную символику и инновационные архитектурные концепции, создавая уникальное пространство для горожан.

Эти примеры подчеркивают, как современная Российская архитектура вдохновляется прошлым, интегрируя элементы разных исторических периодов и культурных влияний. Она сохраняет уникальную идентичность, но также открывает новые горизонты и создает инновационные пространства для современных потребностей. Таким образом, современная архитектура России сохраняет свое историческое наследие, одновременно открывая путь к будущему развитию.

Литература

1. Как сталинская архитектура определила облик Москвы и осталась последним большим стилем (moskvichmag.ru).
2. Российская архитектура. Новейшая эра. (moscowarch.ru).
3. *Комаров А.* (2017). «Современная архитектура России: тенденции и инновации». Москва : Издательство АСВ.
4. *Калягин В. П.* (2015). «Архитектура России: история и современность». Москва: Инфра-М.
5. *Бархин Л. М.* (2009). «История архитектуры России: Учебник для вузов». Москва : Архитектура-С.

УДК 621.311.243

Юлия Витальевна Сокур,

студент

Константин Александрович Головин,

д-р техн. наук, доцент

(Тульский государственный университет)

E-mail: kagolovin@mail.ru

Yulia Vitalievna Sokur,

student

Konstantin Aleksandrovich Golovin,

Dr. Sci. Tech., Associate Professor

(Tula State University)

E-mail: kagolovin@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В БЛАГОУСТРОЙСТВЕ И НА ТЕРРИТОРИИ ЭКОКУРОРТА «КОНДУКИ»

THE USE OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN LANDSCAPING AND ON THE TERRITORY OF THE ECO-RESORT “KONDUKI”

В статье рассмотрены и проанализированы альтернативные источники энергии, применение которых возможно в благоустройстве прибрежных территорий и на экоккурорте «Кондуки».

Ключевые слова: солнечные батареи, альтернативные источники энергии, благоустройство территории.

The article discusses and analyzes alternative energy sources, the use of which is possible in the improvement of coastal areas and in the eco-resort “Konduki”.

Keywords: solar panels, alternative energy sources, landscaping.

В современном мире все больше и больше людей осознают важность использования альтернативных источников энергии для благоустройства и экологии. Это связано с растущими проблемами изменения климата, угрозой исчерпания ископаемых топлив и растущим спросом на энергию. В данной статье мы рассмотрим преимущества и недостатки использования альтернативных источников энергии в благоустройстве, а также некоторые из наиболее эффективных видов энергии.

Солнечная энергия – один из самых мощных видов альтернативных источников энергии. Чаще всего ее преобразуют в электричество солнечными батареями.

Фотоэлектрические (ФЭ) модули (солнечные батареи), используют энергию солнечного света для производства электроэнергии. Они состоят из множества кремниевых солнечных ячеек, которые обычно имеют тонкий слой фосфора, внутри которого накапливается электрический заряд при взаимодействии солнечного света.

Принцип работы солнечных батарей очень прост: когда солнечный свет падает на кремниевую ячейку, энергия света высвобождает электроны из кремния, которые затем движутся по проводам, создавая электрический ток. Это происходит благодаря фотоэффекту – явлению, при котором электроны покидают вещество при попадании на него света [1].

Солнечные батареи устанавливаются на специальные конструкции, такие как крыши зданий, солнечные фермы, а также на земле в случае использования солнечных панелей для генерации энергии в масштабах коммерческих и промышленных проектов. Как правило, они устанавливаются в местах, где наибольшее количество солнечного света – например, на открытых полях, на крышах, которые не затенены деревьями или высокими зданиями.

Для бесперебойной работы солнечных батарей необходимо наличие солнечного света. Однако, они могут работать и при пасмурной погоде, хотя производительность снижается в зависимости от интенсивности света. Важно также обеспечить правильную ориентацию батарей относительно солнца и правильную вентиляцию для того, чтобы избежать перегрева.

Преимущества использования альтернативных источников энергии в благоустройстве:

1. Экономия затрат: альтернативные источники энергии не требуют оплаты за добычу и транспортировку ископаемых топлив, что позволяет существенно снизить затраты на энергию.

2. Экологическая безопасность: альтернативные источники энергии не выбрасывают вредных веществ в атмосферу, что позволяет существенно снизить уровень загрязнения окружающей среды.

3. Независимость: альтернативные источники энергии не зависят от запасов ископаемых топлив, что позволяет обеспечить надежность и стабильность энергоснабжения в долгосрочной перспективе.

Наряду с достоинствами так же имеется ряд существенных недостатков использования такого вида энергии:

1. Траты на этапе строительства и обслуживание – оборудование и расходные материалы дорогие. Из-за этого повышается итоговая цена электроэнергии, поэтому она не всегда оправдана экономически. Сейчас главная задача разработчиков снизить себестоимость установок.

2. Низкий КПД и маленькая мощность установок (кроме ГЭС). Вырабатываемая мощность не всегда соответствует уровню потребления [2].

Разное географическое положение регионов и специфика климатических поясов в России не позволяют развивать отрасль альтернативной энергетики равномерно.

Наша страна, наряду со многими технически развитыми странами мира, немало внимания уделяет альтернативным источникам энергии. Такое внимание связано с наличием больших территорий, не оборудованных до настоящего времени централизованными источниками энергии, а также с тенденцией, свойственной всему миру, заключающейся в борьбе за экологию на планете и экономии традиционного топлива [3].

Подбор уклона солнечных батарей зависит от местоположения застройки и местности, на которой они будут установлены. Оптимальный уклон должен обеспечивать максимальную эффективность сбора солнечной энергии в течение всего дня и в различных сезонах года.

Так, для оптимальной работы солнечных батарей в «Кондуках» расположенных в г. Узловая, Тульской области, необходимо учитывать следующие факторы:

1. Географическое местоположение и климатические условия: Узловая находится в центральной части России, где зимой бывает холодно и мало света, а летом – тепло и светло. При выборе уклона солнечных батарей нужно учитывать угол наклона солнца в разное время года и дня.

2. Рельеф местности: экокурорт «Кондуки» расположен в холмистой местности, поэтому необходимо учитывать высоту над уровнем озер и наличие терриконов.

3. Наличие препятствий: при выборе уклона солнечных батарей необходимо учитывать наличие препятствий, таких как деревья, здания или горы, которые могут затенять батареи и снижать эффективность работы.

4. Потребление электроэнергии: необходимо учитывать количество потребляемой энергии и потребности в дополнительных солнечных батареях, чтобы обеспечить достаточное количество энергии для нужд дома или бизнеса.

Исходя из этих факторов, оптимальный уклон солнечных батарей в Узловой, Тульской области должен быть примерно 30–40 градусов относительно горизонта, с ориентацией на юг или юго-восток. Это позволит максимально использовать солнечное излучение и обеспечить бесперебойную работу солнечных батарей в течение всего года. Также необходимо учитывать высоту места установки и отсутствие препятствий, которые могут затенять солнечные батареи [5].

Альтернативные источники энергии имеют большой потенциал для использования в благоустройстве прибрежных территорий. Рассмотрим несколько примеров их применения:

1. В Израиле появились «деревья» с солнечными батареями вместо кроны. Они превращают солнечный свет в энергию для зарядки электронных устройств, охлаждения воды, Wi-Fi-доступа и др. (идею реализовала компания Sologic). Такое «eTree» представляет собой металлический ствол, поддерживающий многочисленные солнечные батареи вместо кроны.

2. Существует множество других приемов использования энергии окружающей среды (пассивной энергии). Так, даже в Иркутске – городе с суровым климатом – предложено разбивать сады и парки на крышах жилых домов: перенос озелененного пространства на крышу обеспечивает растениям необходимое освещение, которое они не получают в затененных дворах, а также воздух, который намного чище, чем в приземном слое. «Зеленые» крыши выгодны коммунальщикам: газон экономит тепло зимой и снижает энергозатраты на кондиционирование летом. И если под палящим солнцем черное рулонное покрытие крыши раскаляется летом почти до 90 град., то растительный покров способен удерживать температуру на уровне 20 градусов [4].

Таким образом, использование альтернативных источников энергии на прибрежных территориях может значительно улучшить экологическую обстановку и обеспечить устойчивое развитие. Эти источники энергии помогают сократить зависимость от ископаемых топлив, уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу и снизить экологический след.

Кроме того, использование альтернативных источников энергии в благоустройстве прибрежных территорий может способствовать развитию туристической индустрии и созданию новых рабочих мест. Также это может привлечь инвестиции в развитие энергетической инфраструктуры на прибрежных территориях.

В целом, использование альтернативных источников энергии является важным шагом в направлении устойчивого развития и охраны окружающей среды. Примеры использования альтернативных источников энергии на прибрежных территориях показывают, что это возможно и может принести ощутимые преимущества в будущем.

Литература

1. *Андреев В. М.* Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения / В. М. Андреев, В. М. Грилихес, В. Д. Румянцев. – Л. : Наука, 1989. – 310 с.
2. Альтернативная энергия | источники, виды, использование (invlab.ru).
3. Что такое альтернативные источники энергии: разновидности – Уютный Дом (dyatkovortp.ru).
4. Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского Серия «География». Том 27 (66), № 2. 2014 г.
5. Калькулятор солнечных батарей – расчет выработки энергии (e-solar-power.ru)

УДК 621.311.243

Даниил Дмитриевич Губский,
студент

Константин Александрович Головин,
д-р техн. наук, доцент
(Тульский государственный университет)
E-mail: kagolovin@mail.ru

Daniil Dmitrievich Gubsky,
student

Konstantin Aleksandrovich Golovin,
Dr. Sci. Tech., Associate Professor
(Tula State University)
E-mail: kagolovin@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ РЕСТАВРАЦИИ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ

PECULIARITIES OF RESTORATION OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS IN NORTHERN REGIONS

В данной статье рассматриваются особенности реставрации объектов культурного наследия в северных регионах. Рассказывается об актуальности проблемы сохранения культурного наследия России в соответствии со спецификой территориальных условий. Описываются основные проблемы, а также способы и технологии их решения. Высказываются предположения о дальнейшей судьбе объектов культурного наследия северных регионов.

Ключевые слова: реставрация, объекты культурного наследия, северные регионы, памятники

This article discusses the features of the restoration of cultural heritage sites in the northern regions. The relevance of the problem of preserving the cultural heritage of Russia in accordance with the specifics of territorial (climatic) conditions is discussed. The main problems are described, as well as methods and technologies for solving them. Suggestions have been made about the future fate of cultural heritage sites in the northern regions.

Keywords: restoration, cultural heritage sites, northern regions, monuments

Россия обладает большим количеством объектов культурного наследия. Исторические памятники, архитектурные сооружения прошлых столетий разбросаны по всем регионам нашей страны. Многие из них со временем потеряли свой первоначальный вид, разрушаются, получив различного вида повреждения от неподлежащей эксплуатации, зачастую варварского отношения к историческому

наследию. Данный факт негативно сказывается на сохранение и развитие культурных и духовных ценностей русского народа. В связи с этим проблематика сохранения объектов культурного наследия в современном мире является достаточно актуальной. Стоит отметить, что за последние десять лет государством предпринимаются решительные шаги в рамках улучшения ситуации с объектами культурного наследия.

Разрешение выявленной проблемы возможно во многом с помощью реставрации. Реставрация (*лат. restavratio* – восстановление) – комплекс мероприятий, направленный на предотвращение последующих разрушений и достижение оптимальных условий продолжительного сохранения памятников материальной культуры, обеспечение возможности открыть его новые, неизвестные ранее свойства [1]. Стоит отметить, что при реставрационных работах используется весь передовой, технологический, научный потенциал.

В связи с большой территорией нашей страны, протянувшейся на огромные километры с запада на восток и с юга на север, объекты культурного наследия находятся в разных климатических условиях.

Но что делать если условия для проведения реставрационных работ не самые удачные? В данной статье я постараюсь обозначить главные проблемы и, ссылаясь на опыт других исследований в этой сфере, предложить некоторые способы их решения для реставрации объектов культурного наследия в северных городах, в которых сосредоточен огромный пласт памятников архитектуры.

Так, в городах Татма, Углич, Каргополь, Псков, Архангельск можно наблюдать широкий спектр памятников регионального, федерального значения, являющимися настоящими произведениями градостроительного искусства.

Расцвет строительства в северных регионах лежит на рубеже XVIII–XIX веков, в этот период бурно развивается промышленность, все больше народу отправляется на работы в северные города, вместе с рабочими, врачами, учителями, приезжают строительные инженеры. Так в городах начинается возведение в большом количестве городских усадеб. Специфика края вносит свои

правила в строительство. Активно используется древесина северного леса. Именно из бревен складываются причудливые дома, украшенные деревянными узорчатыми наличниками. С ростом благосостояния купечества, дома и дворовые постройки становятся более статусными. В строительстве активно используется белый камень в виде блоков на цоколи, красный кирпич, как привозной, так и местных производств, большой объем гипсового и деревянного декора (Белановская Е. В. 2013 г.). До наших дней дошли удивительные по своей красоте памятники деревянного зодчества, комбинированные и каменные здания, в которых сочетается кирпич и дерево

Реставрация памятников архитектуры северного края затрагивает в большом объеме работы с древесиной, включающие в себя компрессы паразитирующих насекомых, сегментарная замена сгнивших участков, антисептирование древесины. Учитывая короткий временной фактор положительных температур при работе с реставрационными составами необходимо заблаговременно предусматривать подготовку материала, вспомогательных (производственных, временных) сооружений с конвекторами или печным отоплением. Сортировка древесины в заранее подготовленных временных помещениях с обеспечением положительных температур и защитой от атмосферных осадков позволит увеличить сезон проведения наружных реставрационных работ.

В настоящее время наблюдается положительная динамика восстановления архитектурных памятников севера. В 2019 году Министерство Культуры России одобрило концепцию по сохранению памятников деревянного зодчества и включению их в культурный оборот до 2025 года. Государство выделяет гранты организациям, занимающимся восстановлением объектов культурного наследия севера, а также заинтересовано в привлечении квалифицированных специалистов-реставраторов. Известные деревянные сооружения такие как: Малые Корелы, Кижи, Кемь, Кимжа, Витославицы (Романов О. А. 2023 г.) реставрируются, а также много объектов находятся в планах на реставрацию. Эти памятники будут формировать музеи деревянного зодчества под открытым небом, тем самым усиливая туристическую привлекательность

регионов, увеличивать уровень культуры в регионах севера, и помогать и далее сохранять ценности и традиции народов России.

Литература

1. Архитектурный путеводитель по деревянному зодчеству Русского Севера / авторы-сост.: М. Б. Гуров, Э. В. Сакулина. М. : Институт Наследия, 2018. 380 с.
2. Региональная специфика при реставрации объектов деревянного зодчества на территории музеев и национальных парков / 2023 г. О. А. Романов.
3. Восстановление и основы реставрации каменных памятников архитектуры / Е. В. Белановская, 2013 г.
4. *Выгонная А., Калнин В., Цейтлина М.* Основы реставрации... Мн. Дизайн ПРО 2000 с. 6–7.
5. Сайт министерства Культуры России <https://culture.gov.ru/>
6. *Бодэ А. Б.* Деревянное зодчество Русского Севера. Архитектурная сокровищница Поонежья. М. : КомКнига, 2010. 208 с.

УДК 621.311.243

Иван Викторович Смирнов,
студент

Константин Александрович Головин,
д-р техн. наук, доцент
(Тульский государственный университет)
E-mail: kagolovin@mail.ru

Ivan Viktorovich Smirnov,
student

Konstantin Aleksandrovich Golovin,
Dr. Sci. Tech., Associate Professor
(Tula State University)
E-mail: kagolovin@mail.ru

ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ ЗАКАЗЧИКА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ КРУПНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

TYPICAL MISTAKES MADE BY THE CUSTOMER DURING THE REALIZATION OF LARGE CONSTRUCTION PROJECTS

В настоящей статье автор не делает различий между Заказчиком, Инвестором, Спонсором проекта, фокусируя акцент на анализе типичных ошибок, возникающих в процессе реализации инвестиционно-строительных проектов, реализуемых без привлечения бюджетных средств. Автором рассматриваются актуальные вопросы, возникающие на каждом этапе реализации проекта и ведущие к увеличению стоимости и сроков реализации инвестиционных строительных проектов.

Ключевые слова: заказчик, инвестор, спонсор, проект, инвестиции.

In this article the author makes no distinction between the Customer, Investor, Project Sponsor, focusing on the analysis of typical mistakes arising in the process of implementation of investment and construction projects implemented without attracting budgetary funds. The author considers topical issues arising at each stage of project realization and leading to an increase in the cost and terms of investment construction projects realization.

Keywords: customer, investor, sponsor, project, investments.

Описание шагов реализации проекта

Инвестиционный строительный проект обычно из следующих шагов:

- Определение Заказчиком потребности в коммерческой или технологической площади. Это может быть как выверенная модель, соответствующая сформировавшемуся рынку и занимаемой

компанией в нем ниши, отражающая действительные потребности в увеличении либо новом строительстве площадей, так и принимаемые параметры будущего объекта, не являющиеся функцией спроса рынка, зачастую, не имеющие даже коммерческой эффективности, несущие в себе исключительно имиджевую составляющую как для отдельно взятого региона (продвижение региона внутри государства), так и для страны в целом (продвижение на мировой арене).

- Разработка архитектурной и (опционально) инженерной концепции будущего объекта. На данном этапе Заказчик уделяет значительное время оценке планировочных решений, внешнему облику объекта, анализу достаточности коммерческой площади либо площади, отводимой под технологическое оборудование – в зависимости от функционального назначения объекта. Эффективность реализации инвестиционно-строительного проекта во многом определяется решениями, принятыми на этапе разработки концепции проекта. В первую очередь, Заказчик обращает внимание на подготовленные разработчиком архитектурной концепции планировочные решения и на внешний облик объекта, на обеспеченность объекта коммерческой площадью, площадью под технологическое оборудование (в зависимости от функционального назначения объекта). На данном этапе, как правило, Заказчик не уделяет должного внимания координации (согласованию) смежных дисциплин проекта, учету в здании возможности устройства и последующего беспрепятственного обслуживания инженерно-технологического оборудования, анализу людских потоков в здании, что определяет и количество, и параметры оборудования вертикального транспорта, и т. д.

Принимая за основу при разработке документации стадии П лишь архитектурную концепцию, Заказчик принимает на себя колоссальные риски. С одной стороны, по итогам экспертизы проектной документации Заказчик получает положительное заключение экспертизы с последующим получением в установленный срок разрешения на строительство. С другой стороны, достаточно часто встречается ситуация, когда по итогам выполнения работ стадии П полезная площадь здания уменьшается на 15–20 %. И это

при том, что здание размещается на земельном участке, как правило, достигая предельные параметры разрешенного строительства. Также необходимо учитывать требования по достижению минимального значения процента озеленения, по выделению требуемого по расчету количества машино-мест, наличия физической возможности устройства наружных инженерных систем и, конечно, учитывать выполнения работ по благоустройству.

В результате выполнения вышеперечисленных требований, площадь здания может существенно уменьшиться по сравнению с той, которая предполагалась к использованию в коммерческих целях, или предполагалась для размещения на данной площади технологического оборудования для обеспечения запланированной мощности предприятия. Последствиями таких решений может стать снижение возможного объема производства продукции (услуг) в процессе эксплуатации объекта, что увеличит срок окупаемости и снизит рентабельность инвестиций, уменьшит ожидаемый доход Заказчика.

Так, архитектурная концепция одного известного здания была разработана опытным коллективом архитекторов, но при этом концепция инженерного оснащения здания, концепция конструктивных решений отсутствовали. К сожалению, для такого технически сложного здания не были учтены в должной мере места горизонтальной и вертикальной прокладки инженерных систем, не был проработан в должной мере проект вертикального транспорта, требующий тщательного моделирования пассажирских потоков. В результате, на некоторых участках, а их число оказалось велико, не удалось достичь требуемой высоты этажа в свету – инженерные коммуникации местами проходили под стальными балками перекрытия, что формировало локальное понижение потолочного пространства. Дополнительные площади были потеряны при устройстве шахт инженерных систем, при организации пересадочных этажей.

Во избежание возникновения подобных рисков, команде Заказчика следует учитывать, что этапы проектирования должны отличаться лишь степенью детализации, но не качественным набором составляющих этапа. BIM модель объекта должна создаваться

на этапе концептуального проектирования и далее на каждой стадии проектирования дорабатываться, а не разрабатываться заново, сводя на нет всю работу по координации смежных разделов, выполненную на предыдущем этапе проектирования. Подобная преемственность этапов проектирования обеспечивает высокий уровень координации выполнения разделов проекта, минимизирует количество коллизий – пересечений инженерно-технологических систем здания между собой и с несущими/ограждающими конструкциями, уменьшает количество незапланированных расходов Заказчика на строительные работы по переделке уже фактически смонтированных конструкций и сетей, сокращает время реализации проекта, что обеспечивает снижение расхода материальных ресурсов.

- Формирование бюджетной оценки и определение сроков реализации проекта. На данном этапе Заказчик определяет стратегию реализации Проекта.

- Разработка документации стадии П, проведение экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий. Зачастую, разработчик архитектурной концепции и стадии П – разные организации. На рынке Российской Федерации существует множество проектных организаций, которые занимаются разработкой документации стадии П. Данные компании выполняю работы по стадии П достаточно оперативно, получают согласование экспертизы и покидают проект.

К сожалению, на данном этапе разработки проектной документации с учетом требований Постановления Правительства Российской Федерации № 87 к степени детализации проекта, при весьма посредственном использовании BIM инструментов проектирования, проект выходит с низкой степенью координации смежных разделов. Это приводит к значительному объему незапланированных работ, как на этапе рабочего проектирования, так и в процессе выполнения строительно-монтажных работ.

В случае выявления на этапе рабочего проектирования существенных недостатков, при попытке Заказчика обратиться за разъяснением к проектировщику стадии П, последний зачастую перекладывает ответственность на разработчика рабочей документации,

мотивируя свою позицию тем, что экспертиза пройдена, претензий быть не может. В результате Заказчик вынужден оплачивать дополнительные незапланированные работы по проектированию и строительные работы по демонтажу. С точки зрения действующего законодательства, формально компания выполняет стадию П в необходимом и достаточном объеме. Важно отметить, что не так давно в действующее законодательство было внесено изменение и отныне организации, уполномоченные проводить экспертизу проектной документации, начали требовать BIM модели. Пока это требование относится к проектам, финансируемых за счет бюджетных средств.

- Получение разрешения на строительство. Документ позволяет на законных основаниях начать строительство объекта. Ранее, до 2014 года, была, скажем так, «возможность», не нарушая действующее законодательство, начинать выполнение свайного основания, назвав все элементы свайного поля испытываемыми сваями, когда под видом испытаний грунтов сваями в действительности начиналось массовое погружение свай. К сожалению, при таком подходе, когда в экспертизе выявлялись существенные нарушения при определении несущей способности свай по грунту, определенной в том числе по результатам натурных испытаний, но, например, неверно интерпретированных, требовалась корректировка длины/количества свай, расстояния между ними ввиду неучета переуплотнения грунта, однако, к моменту получения соответствующего замечания экспертизы Заказчик силами привлеченного подрядчика выполнил половину, а бывало и более всего свайного поля. Проект останавливается, вырабатывается проектное решение по усилению основания, Заказчик несет дополнительные финансовые и временные издержки.

- Разработка документации стадии Р. Может вестись как работчиком проектной документации, так и иной организацией – подробнее данный вопрос освещается далее.

- Начало строительства. В настоящей статье не рассматриваются вопросы организации проведения конкурентных мероприятий по выбору генерального подрядчика. Особенности реализации этапа строительства описаны выше.

- Получение заключения о соответствии и ввод объекта в эксплуатацию. Собственно, завершающий этап и переход из строительства в стадию эксплуатации объекта.

Вариации договора генерального подряда

Договор генерального подряда может быть заключен тремя наиболее распространенными способами:

- Генеральный подрядчик отвечает исключительно за строительство и монтаж инженерно-технологического оборудования. При этом рабочее проектирование ведется независимой организацией по отдельному договору с Заказчиком. В договоре генерального подряда как правило фиксируются единичные расценки на каждый вид работ, без указания общих объемов работ/материалов и их стоимости. Объемы, при этом, определяются уже в процессе рабочего проектирования. Типичная и наиболее распространенная схема реализации инвестиционно-строительного проекта. Однако, для Заказчика риск представляет возможная заинтересованность генподрядчика завысить объемы в рабочей документации с целью извлечения дополнительной выгоды. Для того, чтобы контролировать корректность объемов работ и материалов в рабочей документации, Заказчику необходимо формировать большой штат сотрудников для контроля, учитывая, при этом, что контроль (проверка документации) должен быть своевременным, поскольку любая задержка выпуска рабочей документации при параллельном проектировании и строительстве, а большинство объектов именно так и реализуются по экономическим и иным соображениям, ведет к неминуемым финансовым и временным потерям Заказчиком. Нельзя также не отметить весьма распространенную практику, когда генеральный подрядчик, стараясь скрыть отставание в производстве строительных работ, начинает обвинять генерального проектировщика в низком качестве документации, саботируя процесс строительства, стараясь выгадать себе дополнительное время на устранение отставания от директивного графика, избегая при этом соответствующей претензии от Заказчика. Учитывая, что договоры на проектирование и строительство заключаются Заказчиком с независимыми организациями, то заложником данной ситуации

становится, очевидно, Заказчик, вынужденный раз за разом разбираться в обоснованности предъявляемых генеральным подрядчиком претензий к качеству проекта, что несомненно ведет к временным потерям Заказчика при реализации проекта.

- Генеральный подрядчик выполняет строительно-монтажные работы и осуществляет рабочее проектирование. Зачастую данная схема контрактования означает договор с твердой ценой. При договоре с твердой ценой генеральный подрядчик обязуется выполнить строительно-монтажные работы и, как правило, рабочий проект в установленный срок и с надлежащим качеством. Для того, чтобы при такой схеме контрактования участники тендера дали действительно справедливые цены, требуется доработка проектной документации и материалов, наличие качественной BIM модели и разработанной детальной ведомости стоимости – поэлементная спецификация здания, включающая работы, материалы, оборудование. Данная схема является наиболее комфортной для Заказчика, твердо осознающего все предъявляемые к объекту будущего строительства требования. Ввиду уменьшения числа контрактов, для Заказчика данная схема также означает минимизацию риска претензий, увеличения скорости реализации проекта, в то же время Заказчик имеет ограниченное влияние на процесс реализации проекта по такой схеме. Как правило, такая схема есть ни что иное, как адаптированная Желтая книга (проформа) стандарта FIDIC под нормы Гражданского права Российской Федерации.

- На каждый вид работ нанимается отдельный подрядчик. Так называемый хозяйственный способ организации строительства. Заказчик, при этом, де-факто превращается в генерального подрядчика. Требуется большая команда сотрудников службы Заказчика. Как правило, ни единичные расценки, ни объемы заведомо не определены. В данном случае расценки определяются в ходе маркетинговых исследований рынка, а объемы – в ходе рабочего проектирования. Очевидно, что возникает целое поле для манипуляции как со стороны подрядных организаций, так и со стороны отдельных сотрудников службы Заказчика.

Важно понимать, что Заказчик всегда является заложником одного из ключевых критериев успешной реализации проекта –

времени. Также очевидно, что для Заказчика меньшие риски несет в себе вариант контракта генерального подряда с твердой ценой, когда разрабатывается детальная ведомость работ, включающая все элементы здания. Почему же Заказчики далеко не всегда идут по, казалось бы, оптимальному пути контрактования? К сожалению, не всегда качество документации стадии П, качество BIM модели позволяет заведомо оценить объемы и стоимость работ. Бывают ситуации, когда генеральный подрядчик номинируется Заказчиком без проведения тендера. Немаловажным фактором выделения блока проектных работ в отдельный договор является также понимание Заказчика возможного внесения ряда значительных изменений в рабочий проект по определенным причинам. Сделать это до начала строительства Заказчик по определенным причинам не может.

Литература

1. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: Постановление Правительство Российской Федерации № 87 от 16 февраля 2008 года (с изм. на 15.09.2023 г.).
2. <https://fidic.org/FIDIC>, the International Federation of Consulting Engineers, is the global representative body for national associations of consulting engineers and represents/
3. <https://arbitration.ru/>Судебные споры с применением норм FIDIC в России/

УДК 622.273

Ирина Михайловна Батова,
студент
Мария Александровна Васильева,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II)
E-mail: batovairina14@gmail.com,
saturn.sun@mail.ru

Irina Mikhailovna Batova,
student
Maria Alexandrovna Vasilieva,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg
Mining University)
E-mail: batovairina14@gmail.com,
saturn.sun@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКЛАДКИ ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ

APPLICATION OF BACKFILL IN MINING IN CRYOLITHOZONE CONDITIONS

В работе представлен обзор существующих технологий ведения закладочных работ в криолитозоне с учетом ее особенностей. В статье уделено внимание условиям добычи полезных ископаемых в районе вечной мерзлоты. Также рассмотрен опыт ведения закладочных работ на рудниках криолитозоны и промышленного применения химически активных добавок. Выполнен анализ составов закладочных смесей, применимых для заполнения образуемых при разработке пустот с учетом термического потенциала выработок. Сформулированы рекомендации относительно применения закладки в условиях вечной мерзлоты.

Ключевые слова: криолитозона, закладочные комплексы, твердеющие закладочные смеси, химически активные добавки, пластификаторы.

The paper presents a review of the existing technologies of mineralization works in the cryolithozone, taking into account its peculiarities. The article pays attention to the conditions of mining in the permafrost region. The experience of backfilling operations at cryolithozone mines and industrial application of chemically active additives is also considered. The compositions of backfill mixtures applicable for filling the voids formed during mining are analyzed, taking into account the thermal potential of mine workings. Recommendations concerning the application of backfill in permafrost conditions are formulated.

Keywords: cryolithozone, backfill complexes, hardening backfill mixtures, chemically active additives, plasticizers.

Перспективы освоения арктических минеральных месторождений, кроме масштаба и богатства руд, во многом определяются близостью к Северному морскому пути и к судоходным рекам. Это значительно повышает рентабельность работы рудников за счет использования водного транспорта. В настоящее время на территории Арктической зоны создана уникальная минерально-сырьевая база твердых полезных ископаемых, месторождения которых образуют крупные провинции и рудные районы, минерально-сырьевые центры, соответствующие их потенциалу. Часть из них успешно осваивается: Норильский рудный район, месторождения Карело-Кольского региона, алмазы Якутии и Архангельской области. Наиболее ценными полезными ископаемыми Арктической зоны являются хромовые руды, титан, медь, олово, цирконий, галлий, рубидий, платиноиды, редкоземельные металлы, апатитовые руды, алмазы [1].

Добыча полезных ископаемых в криолитозоне сопряжена с возникновением ряда сложностей при ведении работ. Условия вечной мерзлоты характеризуются наличием мерзлого грунта, который подвержен механическим изменениям при оттаивании и замерзании. Помимо этого, существует вероятность избыточного обводнения, что приводит к нарушению структуры грунтов и формируемых горных выработок.

Одним из наиболее надежных способов добычи полезных ископаемых в таких условиях является применение разработки с последующей закладкой выработанного пространства. Данный способ позволяет предотвращать обрушение выработок, также решает проблему управления горным давлением. В то же время, для успешного контроля за нестабильным состоянием литосферы, необходимо учитывать особенности климатической зоны, и анализ условий работы позволяет сформулировать требования к приемлемым технологиям закладки.

На алмазодобывающих месторождениях АК «АЛРОСА» ведется разработка с закладкой выработанного пространства. На рудниках «Интернациональный» и «Айхал» (город Мирный, Россия) применяется закладочная смесь на основе портландцемента и мелкозернистого песка с месторождения «Прикарьерное» [2, 3].

Заполярный филиал ГМК «Норникель» в г. Норильск при разработке Талнахского рудного узла, содержащего цветные и благородные металлы, также применяет системы разработки с закладкой выработанного пространства. На руднике «Комсомольский» применяется камерно-целиковый порядок выемки руды. На «Октябрьском» – восходящая слоевая система разработки с магазинированием руды. На обоих рудниках используется закладочная смесь, состоящая из хвостов обогащения, поставляемых Талнахской обогатительной фабрикой, цемента и воды [4–6].

АО «Кольская ГМК», разрабатывающая месторождение Заполярное, содержащее никелевые, медные и другие руды, на руднике «Северный» ведет отработку камерной системой в восходящем порядке, при закладке выработанного пространства использует смеси на основе цемента, бетона и щебня [7].

При использовании механической закладки сухим материалом массивы формируются из мерзлых пород или замороженных в период низких температур на поверхности хвостов обогащения [8, 9]. Однако формирование закладочных массивов данным способом сопровождается неполным заполнением выработанного пространства. Это приводит к неравномерному распределению нагрузок на закладочный массив и возникновению потенциальной возможности проседания грунтов. Также для возведения закладочного массива используются смеси, состоящие из пустой дробленой породы с добавлением дробленого льда. Их применение обусловлено доступностью, легкостью получения, а также невысоким уровнем затрат при добыче материалов. При этом низкая прочность является главным недостатком формируемого льдопородного массива [10].

Применение для закладки твердеющих смесей предполагает использование в качестве вяжущих цемента, портландцемента, а также смеси цемента со шлаками, гипсом, ангидритом. Между тем доставка цемента в районы криолитозоны экономически невыгодна вследствие дороговизны. В связи с этим на рудниках АК «АЛРОСА» для повышения эффективности закладочных работ и снижения затрат на приобретение компонентов предлагается добавление в качестве вяжущего молотой цеолитовой породы.

Данная порода доставляется с месторождения «Хонгуруу» в виде дробленных пород, затем домальвается в шаровой мельнице сухим способом до необходимой крупности фракции [11].

Инертные заполнители (песок, щебень или хвосты обогащения), в силу влияния особенностей условий криолитозоны, требуют дополнительной подготовки по отведению законсервированной влаги. По этой причине в технологию подготовки заполнителя должна включаться его предварительная обработка: материал оттаивает в сушильных барабанах и затем хранится в буртах в течение нескольких лет.

В качестве несущей среды на рудниках АК «АЛРОСА» в основном используются природные рассолы. Известно также применение смеси галогенных пород и воды. Галогенные породы, в основном состоящие из солей хлора, являются попутно извлекаемыми, в их присутствии активизируются цеолитовые породы, что в свою очередь приводит к более интенсивному реагированию последних с цементом и ускорению набора прочности закладочным массивом. Использование рассолов также обеспечивает большую подвижность и растекаемость смеси. На рудниках ГМК «Норникель» предусмотрено использование цементного молока в качестве несущей среды.

Необходимым свойством закладочных смесей, применяемых в криолитозоне, является способность сохранять текучесть в условиях низких температур. Этого возможно достичь посредством включения в состав закладочной смеси химически активных добавок (ЛСТ, С-3, СП-1, Лигнопан Б-1, Лигнопан Б-2), увеличивающих их растекаемость [12].

При ведении работ следует учитывать и тот факт, что в условиях вечной мерзлоты закладочный массив отличается увеличенным временем набора прочности. Сократить время набора прочности возможно посредством использования добавок, которые ускоряют схватывание массива. Они могут быть как простыми, например, нитраты, карбонаты, хлористые соли, так и комплексными готовыми добавками – Гамбит, Релаксол, Реламикс. Добавление таких веществ на стадии приготовления закладочной смеси приводит к увеличению вязкости. Это обуславливает целесообразность

разработки (модернизации существующих технологий) технологии с учетом необходимости применения дополнительного оборудования (насосы, гидроактиваторы, вибрационные установки). В конечном счете это сказывается на стоимости закладочного комплекса и общей себестоимости конечного продукта горного предприятия.

На рудниках АК «АЛРОСА» при производстве закладочных смесей в качестве пластификатора применяется лигносульфонат технический. На руднике «Интернациональный» в ходе испытаний определено, что применение ЛСТ увеличивает растекаемость закладочных смесей в выработанном пространстве с 40 до 80 м, снижает вододеление от закладочного массива, повышает прочность закладки эквивалентно 50 кг портландцемента. Это обуславливается тем, что ЛСТ взаимодействует не только с продуктами гидратации цемента, но и с тонкодисперсными частицами закладочных смесей. На руднике «Айхал» дополнительно зафиксировано, что смеси с ЛСТ самотеком освобождают трубопровод до начала его промывки, при условии угла наклона горизонтального участка 2°. На руднике «Мир» добавка ЛСТ применялась в составах закладочных смесей на комплексном вяжущем, получаемом из цементного клинкера и цеолитовых пород [13].

На рудниках ГМК «Норникель» для сокращения расхода цемента в закладочных смесях разработан ряд пластифицирующих составов (ШЩЦ М30, АЩЦ М30, АШЩЦ М30, АЩЦ М100) рекомендуемых к применению. В результате сокращения расхода цемента осуществляется снижение себестоимости закладочных работ [14].

В 2017 году на шахте «Скалистая» проведены опытно-промышленные испытания новых закладочных смесей на основе шлака гранулированного никелевого, цемента Норильского цементного завода ПЦ300-Д20, щебня карьера «Скальный», ангидрита шахты «Ангидрит» и ЛСТ. В процессе испытаний установлено, что закладочные смеси с добавлением пластификатора обладают большей растекаемостью с повторением контуров рудного тела, а также отличаются ускоренными сроками затвердевания в выработанном пространстве [13].

Использование закладки выработанного пространства при добыче полезных ископаемых позволяет решать ряд проблем,

связанных с механическими изменениями и нарушениями в структуре грунтов. При этом, условия криолитозоны оказывают влияние на разработку технологий закладочных работ. На нескольких месторождениях, расположенных в районе вечной мерзлоты, уже успешно применяется закладка выработанного пространства, составы закладочных смесей на этих рудниках также подбираются с учетом особенностей района добычи. Использование пластифицирующих добавок целесообразно в связи с необходимостью сохранения текучести смесей при низких температурах. Помимо этого, возможно применение других типов химически активных добавок, посредством которых осуществляется ускорения набора прочности массива.

Выводы

Месторождения, расположенные в криолитозоне, имеют уникальные условия ведения горных работ. Они определяются мощностью многолетнемерзлых пород, температурой пород в районе подземных горных работ, температурой на дневной поверхности, глубиной залегания руд, наличием водоносных горизонтов. Анализ информации о проведении горных работ в криолитозоне позволяет сделать следующие выводы:

1. Технология ведения закладочных работ в условиях вечной мерзлоты отличается от технологии работ, которые проводятся в более благоприятных условиях. Важным аспектом является необходимость учитывать состояние сырьевой базы, применяемой для приготовления закладочных смесей, а также наличие и состояние транспортных сетей, по которым доставляется часть сырья.

2. Используемые закладочные смеси должны обладать свойством сохранять текучесть при низких температурах. В настоящее время на рудниках в качестве пластифицирующей добавки преимущественно применяется лигносульфонат технический. Он увеличивает растекаемость закладочной смеси и снижает водоотделение от закладочного массива. Данные о эффекте использования пластифицирующих добавок-аналогов (С-3, СП-1, Лигнопан Б-1, Лигнопан Б-2) недостаточно широко представлены.

3. Закладочные массивы, формируемые в криолитозоне, отличаются долгим набором прочности. Для ускорения схватывания массива перспективно применение таких добавок как нитраты, карбонаты, соли хлора и других комплексных добавок, применяемых в строительстве (Гамбит, Релаксол, Реламикс и другие). Технология применения данных добавок требует дополнительных исследований и испытаний.

Литература

1. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы арктической зоны РФ на 15.03.2021 г. Справка подготовлена ФГБУ «ВСЕГЕИ» в рамках выполнения Государственного задания Федерального агентства по недропользованию от 14.01.2021 г. № 049-00016-21-00.

2. *Монтянова А. Н.* Обоснование технологии закладки выработанного пространства при разработке кимберлитовых трубок в криолитозоне. – Автореферат дис. На соискание уч. ст. д.т.н. – Мирный, 2006.

3. *Монтянова А. Н.* Формирование закладочных массивов при разработке алмазных месторождений в криолитозоне. М.: Горная книга, 2005. 597 с. Библиогр.: с. 584–594.

4. *Волков Е. П., Анушенков А. Н., Гузанов П. С., Лытнева А. Э.* Закладочные смеси на основе отходов обогащения руд в системах подземной разработки месторождений Норильского промышленного района // Горный журнал. – 2015. – № 6. – С. 85–87.

5. *Тапсиев А. П., Фрейдин А. М., Усков В. А., Анушенков А. Н., Филипов П. А., Неверов А. А., Неверов С. А.* Развитие ресурсосберегающих геотехнологий разработки мощных пологопадающих залежей полиметаллических руд в условиях Норильска // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. – № 5. – С. 123–136.

6. *Волков Е. П., Анушенков А. Н.* Разработка рецептур твердеющих смесей на основе породных хвостов обогащения для закладки подземных выработок Норильского горно-металлургического комбината // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2014. – Т. 1, № 2. – С. 207–211.

7. *Ковалев О. В., Минаев Ю. Л., Минаев Д. Ю.* Обоснование восходящего порядка отработки глубоких горизонтов рудника «Северный» ОАО «Кольская ГКМ» // Записки Горного института. – 2002. – Т. 152. – С. 74–77.

8. Патент 2602565 Российской Федерация, МПК E21F 15/08. Способ возведения закладочного массива / Ковалев О. В., Галкин А. Ф., Райс В. В.; заявитель и патентообладатель федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». – № 2015149099; заявл. 16.11.2015; опубл. 20.11.2016.

9. Патент 2471070 Российская Федерация, МПК E21C 41/16, E21F 15/00. Способ подземной разработки рудных месторождений в криолитозоне / Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Сабянин Г. В.; заявитель и патентообладатель учреждение Российской академии наук Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук. – № 2011115466; заявл. 20.04.2011; опубл. 27.12.2012.

10. Патент 2452858 Российская Федерация, МПК E21C 41/22, E21F 15/00. Подземный способ разработки техногенных глубокопогребенных россыпных месторождений криолитозоны / Киселев В. В., Хохолов Ю. А.; заявитель и патентообладатель учреждение Российской академии наук Институт горного дела Севера им. Н. В. Черского Сибирского отделения РАН. – № 2010127427; заявл. 02.07.2010; опубл. 10.06.2012.

11. Патент 2396434 Российская Федерация, МПК E21F 15/00, C04B 28/04, C04B 111/34, C04B 111/76. Закладочная смесь / Дойников Ю. А., Монтянова А. Н., Ефимов А. И.; заявитель и патентообладатель акционерная компания «АЛРОСА». – № 2009108856; заявл. 10.03.2009; опубл. 10.08.2010.

12. Патент 2531408 Российская Федерация, МПК E21F 15/00, C04B 28/04, C04B 111/20. Закладочная композиция / Ермолович Е. А., Ермолович О. В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет». – № 2013118734; заявл. 24.04.2013; опубл. 20.10.2014.

13. *Монтянова А. Н., Трофимов А. В., Румянцев А. Е., Вильчинский В. Б., Наговицин Ю. Н.* / Опыт и эффективность применения пластифицированных закладочных смесей // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2019. – Т.17, №1. – С. 18–25.

14. *Монтянова А. Н., Вильчинский В. Б., Трофимов А. В.* К вопросу сокращения стоимости закладочных смесей на рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2015. – №4. – С. 45–49.

Содержание

<i>Соколов Н. С., Пушкарев А. Е., Афанасьев А. С.</i> Опыт геотехнического строительства в стесненных условиях	3
<i>Соколов Н. С., Пушкарев А. Е.</i> Геотехнический опыт усиления оснований фундаментов	9
<i>Бураковская М. В., Ковальчук Л. И., Абросимов Е. А., Фаустова О. Г.</i> Оценка возможностей снижения токсичных выбросов с отработавшими газами автомобильными двигателями в окружающую среду	30
<i>Лакомкин А. А., Пушкарев А. Е.</i> Постановка задачи проведения землеройных работ в условиях экстремально низких температур.	38
<i>Габидулин В. Д.</i> Анализ методов и средств акустического диагностирования технических объектов в арктических регионах	46
<i>Ретин С. В., Зазыкин А. В., Белик Г. Н.</i> Особенности эксплуатации транспортно-технологических машин в Арктической зоне	56
<i>Алексеев Е. В.</i> Зависимость изменения простоев строительно-дорожных машин при использовании ремонтных боксов в условиях Крайнего Севера и Арктики	62
<i>Ретин С. В., Кумов Д. В.</i> Особенности средств обеспечения плавности хода в условиях Крайнего Севера	67
<i>Саковцев И. А., Пушкарев А. Е.</i> Постановка задачи выбора и обоснования конструктивных решений и режимов работы механического подачика абразива для установок гидроабразивной очистки поверхности	76

<i>Немиров В. А., Пушкарев А. Е.</i> Решение задачи выявления механизма формирования гидроабразивной струи для эффективного удаления снежно-ледяных отложений с учетом термодинамических процессов	83
<i>Колесниченко Д. С., Пушкарев А. Е.</i> Постановка задачи разработки метода обоснования параметров электрической силовой установки для коммунальных машин на универсальном шасси	88
<i>Пегин П. А., Павловец А. В., Колчин П. В.</i> Актуальность создания единой платформы мониторинга объектов транспортной инфраструктуры Арктической зоны Российской Федерации	96
<i>Ковалева О. О., Головин К. А.</i> Становление современной российской архитектуры	105
<i>Сокур Ю. В., Головин К. А.</i> Использование альтернативных источников энергии в благоустройстве и на территории экокурорта «Кондуки»	112
<i>Губский Д. Д., Головин К. А.</i> Особенности реставрации объектов культурного наследия в северных регионах	117
<i>Смирнов И. В., Головин К. А.</i> Типичные ошибки заказчика при реализации крупных строительных проектов.	121
<i>Батова И. М., Васильева М. А.</i> Применение закладки при добыче полезных ископаемых в условиях криолитозоны.	129

Научное издание

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДОСТУПНОСТИ
АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ**

Материалы IV Всероссийского научного семинара

26 октября 2023 года

Компьютерная верстка *О. Н. Комиссаровой*

Подписано к печати 21.12.2023. Формат 60×84^{1/16}. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 8,1. Тираж 300 экз. Заказ 185. «С» 117.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ