ISSN 2077-6896

ВЕСТНИК

ТУВИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 2 (2), 2023

Редакционная коллегия журнала «Вестник Тувинского государственного университета. Технические науки»: *О.М. Хомушку*, доктор философских наук, ректор Тувинского госуниверситета (**председатель редакционной коллегии**) (г. Кызыл, Россия); *С. А. Болотин,* доктор технических наук, профессор кафедры городского хозяйства Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (г. Санкт-Петербург, Россия)*; В. И. Верещагин,* доктор технических наук, профессор кафедры технологии силикатов Томского политехнического университета (г. Томск, Россия); *Б. К. Кара-Сал,* доктор технических наук, заведующий кафедрой промышленного и гражданского строительства Тувинского госуниверситета (г. Кызыл, Россия); *В. М. Логинов,* доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики и методики обучения физике Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева (г. Красноярск, Россия); *С.А. Евтюков*, доктор технических наук, профессор кафедры наземных транспортно-технологических машин Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (г. Санкт-Петербург, Россия); *А.А. Чылбак,* кандидат технических наук, доцент кафедры «Горное дело» Тувинского госуниверситета (г. Кызыл, Россия)

Главный редактор – *А.А. Чылбак*, кандидат технических наук, доцент

Учредитель ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет»

Свидетельство о регистрации СМИ выдано Роскомнадзором

ПИ № ФС77-85270 от 27 апреля 2023 г.

Индекс в каталогах Роспечати 66075.

ISSN 2077-6896

VESTNIK

OF TUVAN STATE UNIVERSITY.

Technical Sciences

No. 2 (2), 2023

Editorial board of "Vestnik of Tuvan State University. Technical Sciences": *O.M. Khomushku*, Doctor of Philosophical Sciences, Rector of Tuvan State University (**Chairman of the Editorial Board**) (Kyzyl, Russia); *S.A. Bolotin*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Construction Organization, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (Saint-Petesburg, Russia); *V.I. Vereschagin*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Silicate Technology, Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russia); *B.K. Kara-Sal*, Doctor of Technical Sciences, Department of Industrial and Civil Construction, Tuvan State University (Kyzyl, Russia); *V.M. Loginov*, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Physics and Methods of Teaching in Physics, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev (Krasnoyarsk, Russia); *S.A. Evtyukov*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Ground Transport and Technological Machines, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (Saint-Petersburg, Russia); A.A. Chylbak, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Mining, Tuvan State University (Kyzyl, Russia)

Editor-in-Chief – *A.A. Chylbak*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Founder and Publisher of the Journal is Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Tuvan State University".

The Journal is registered by the Federal service for supervision of communications, information technologies and mass communications (Roskomnadzor) ПИ № ФС77-85270 as of April 27, 2023.

The subscription index in the catalogue of Federal Agency for Press and Mass Communications (Rospechat) is 66075

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Научный журнал «Вестник Тувинского государственного университета. Технические науки» принимает материалы для публикации в 2024 году. Принимаются статьи по техническим наукам.

Журнал «Вестник ТувГУ», издававшийся Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Тувинский государственный университет» с 2009 года, с 2023 года выходит в новом формате: для совершенствования качества публикуемых материалов было решено сузить и конкретизировать предметные области, перерегистрировать выпуски «Вестника ТувГУ» в четыре отдельных журнала с получением на них новых свидетельств с соответствующими наименованиями:

- журнал «Вестник ТувГУ. Технические науки»;
- журнал «Вестник ТувГУ. Естественные и сельскохозяйственные науки»;
- журнал «Вестник ТувГУ. Социально-гуманитарные науки»;
- журнал «Вестник ТувГУ. Педагогические науки».

Политика свободного доступа

Журнал обеспечивает мгновенный открытый доступ к своему контенту, исходя из принципа, согласно которому обеспечение свободного доступа общественности к исследованиям способствует более широкому глобальному обмену знаниями.

Статьи Журнала лицензируются в соответствии с Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0), лицензией, которая позволяет пользователям читать, копировать, распространять и делать производные работы для некоммерческих целей из материала, если оригинальная работа автора цитируется должным образом.

Статьи и материалы для публикации просим направлять **по электронному адресу:** vestnik_tuvsu_tech@mail.ru (Донгак Чечена Борисовна – технический секретарь).

С материалами журнала «Вестник ТувГУ» можно ознакомиться на официальном сайте http://vestnik.tuvsu.ru/

Просим обратить внимание на **требования к оформлению материалов (см. Сведения для авторов).**

СОДЕРЖАНИЕ

Сат Д.Х. КЕРАМИЧЕСКИЕ СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СОДЕРЖАЩИЕ ОТХОДЫ АСБЕСТООБОГАЩЕНИЯ……..…….……..….6-15

Сандан Н.Т., Саая К.С. КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ, ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИХ ПОЯВЛЕНИЕ АВАРИЙНЫХ ИЗНОСОВЫХ ОТКАЗОВ……..…….....16-27

Конгар-оол В.В., Балзанай С.В. ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОБЗОР 3D-ПЕЧАТИ……...……28-38

Иванов М.В., Зайцев В.Е., Галиев Р.Д., Хакимьянов А.Р. ESC РЕГУЛЯТОРЫ ОБОРОТОВ: ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ БЕСКОЛЛЕКТОРНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ……...…39-47

Саая С-С.Ш., Анушенков А.Н., Кирсанов А.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ГИДРОЗАХВАТНОГО МОЛОТА……..…….……..….48-54

Майны Ш.Б. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ Г. КЫЗЫЛА……..……..55-62

Шавыраа Ч.Д. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ТРАНСПОРТНОГО ПРИТЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ (НА ПРИМЕРЕ ПГТ КАА-ХЕМ)……..…….. 63-69

CONTENTS

D.Kh. Sat CERAMIC WALL MATERIALS CONTAINING ASBESTOS ENRICHMENT WASTE……..…...……..….6-15

N.T. Sandan, K.S. Saaya MEASURES TO PREVENT THE OCCURRENCE OF EMERGENCY WEAR AND TEAR FAILURES……..…..16-27

V.V. Kongar-ool, S.V. Balzanai PERSPECTIVES OF COMPUTED DESIGN: REVIEW OF 3D PRINTING …….…….…..…28-38

M.V. Ivanov, V.E. Zaitsev, R.D. Galiev, A.R. Khakimyanov ESC SPEED REGULATORS: AN EFFECTIVE WAY TO CONTROL BRUSHLESS UAV ENGINES……...……..…..39-47

S-S.Sh. Saaya, A.N. Anushenkov, A.K. Kirsanov RESEARCH OF THE DYNAMICS OF HYDRAULIC GRABING HAMMER…….…….…….…….……48-54

Sh. B. Mainy ANALYSIS OF THE CONDITION OF SEWER NETWORKS IN KYZYL ...…….……55-62

Ch. D. Shavyraa DETERMINATION OF PLACES OF TRANSPORT ATTRACTION FOR CONSTRUCTION OF OPTIMAL ROUTES (BASED ON A SAMPLE OF KAA-KHEM URBAN TYPE SETTLEMENT)……..…..……63-69

УДК 666.7:622
doi 10.24411/2221-0458-2023-06-15

КЕРАМИЧЕСКИЕ СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СОДЕРЖАЩИЕ ОТХОДЫ АСБЕСТООБОГАЩЕНИЯ

Сат Д.Х.
Тувинский государственный университет, Кызыл

CERAMIC WALL MATERIALS CONTAINING ASBESTOS ENRICHMENT WASTE

D.Kh. Sat
Tuvan State University, Kyzyl

В статье изложены результаты исследования утилизации отходов асбестообогащения путем их введения в состав керамической шихты для получения керамических изделий улучшенными характеристиками. Эксперименты показали, что введение отходов асбестообогащения в сукпакскую монтмориллонитовую глину уменьшает чувствительность к сушке данного сырья. Добавление до 20 % отходов способствует снижению усадочных деформаций при сушке и огневой усадке при обжиге керамических образцов. Повышение прочности образцов наблюдается при низкотемпературном интервале обжига (9050 – 1050 ºС) при таком же количестве содержании отходов. Дальнейшее увеличение количества отходов приводит снижению прочности образцов. Однако, при высоких температурах (1200 ºС и более) приобретают более высокие показатели по прочности. Приведены результаты исследования физико-механических характеристик керамических образцов содержащихся в составе отходы асбестообогащения.

Ключевые слова: отходы асбестообогащения; керамическая шихта; сукпакская глина; сушка; обжиг

The article presents the results of a study on the disposal of asbestos enrichment waste by adding them into the composition of ceramic charge to obtain ceramic products with improved characteristics. Experiments have shown that the addition of asbestos enrichment waste into Sukpak montmorillonite clay reduces the sensitivity to drying of this raw material. The addition of 20% of waste helps to reduce shrinkage deformations during drying and firing of ceramics. Clay strength increasing is observed at a low temperature firing interval (9050 - 1050 ° C) with the same amount of waste content. A further increase in the amount of waste leads to a decrease in the strength of the samples. However, at high temperatures (1200 ° C or more), they acquire higher strength indicators.

The results of the study of the physical and mechanical characteristics of ceramic samples, contained in the composition of asbestos enrichment waste, are presented.

Keywords: asbestos enrichment waste; ceramic charge; Sukpak clay; drying; firing

В Республике Тыва в отвалах горно-обогатительного комбината «ТуваАсбест» количество отходов при производстве асбеста составляло более 700 тыс. м^3 в год. Эти отходы до сих пор не находят применения. Попутные отходы производства занимают огромные площади вблизи г. Ак-Довурак, которые превосходят в два раза площадь самого города и загрязняют окружающую среду (рис. 1).

Рис. 1. Вид со спутника г. Ак-Довурак

Целью данной работы является исследование возможности утилизация побочных продуктов асбестообогащения путем их введения в состав шихты для получения керамических изделий.

Применение и переработка побочных продуктов промышленности в производстве строительных изделий расширяет не только сырьевую базу отрасли, но и будет способствовать решению задач охраны окружающей среды и восстановления экологии данного района.

Внедрение побочных продуктов промышленности в производстве керамических изделий требует разработки состава сырьевой смеси, соответствующих керамических материалов. Необходимо разработать важный и простой способ, благодаря которому можно переработать побочные продукты с целью получения технологичного материала, безопасного для

здоровья жителей и окружающей среды, с низкой себестоимостью, высокой экономической эффективностью и перспективами его дальнейшего применения.

Объектом исследования являются отходы асбестообогащения горно-обогатительного комбината «ТуваАсбест» в г. Ак-Довурак».

В качестве основного керамического сырья использована глина из сукпакского месторождения. Химический состав исследуемых образцов представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав исследуемых образцов

Наименование	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Mg O	K_2O	Na_2O	Σ
Отходы асбестообогащения	37,14	5,17	6,54	1,17	38,34	0,33	0,23	88,92
Сукпакская глина	54,54	13,64	6,22	7,09	0,42	1,80	1,61	99,89

Попутные продукты асбестообогащения отличаются значительной гидравлической активностью, что подтверждает химический состав по содержанию карбонатов магния, которые превосходят долю других побочных продуктов промышленности.

Глинистые минералы сукпакской глины в основном представляют минералы монтмориллонита и гидрослюды. В составе присутствуют сопутствующие минералы такие как кварц, кальцит, ортоклаз и гетит.

В настоящее время существуют ресурсосберегающие способы, основанные на глубокой переработке магнезиальных силикатов, которые повышают технологические характеристики вяжущих материалов, изделий автоклавного обжига керамической и огнеупорной керамики.

Разработки по использованию побочных продуктов промышленности для производства строительных материалов отражены в работах П.И. Боженова, В.Б. Зверева, В.В. Прокофьевой [1, 2, 3], которые систематизировали возможность применения минеральных отходов в производстве керамических изделий в зависимости от вида и химико-минералогических особенностей.

Заслуживают внимание работы Прокофьевой В.В. по использованию магнийсодержащих отходов промышленности в производстве различных видов керамических изделий.

Производство керамики нуждается в высокотемпературной термической обработке, в которой участвуют вещества в нескольких агрегатных состояниях (газовая, жидкая и твердая фазы). При этом большое значение имеет газовая фаза. При разработке ресурсосберегающих методов термической обработки керамики, кроме традиционных видов интенсификации обжига, следует использовать

нетрадиционный способ – обжиг в восстановительной среде, которая положительно влияет на физико-механические свойства изделия.

В работах Б.К. Кара-Сала [6] отмечается влияние газовой среды обжига на спекаемость керамических шихт, содержащих значительное количество карбонатов магния и кальция в химическом составе. При введении в состав шихты отходов асбестообогащения происходят интенсификация спекания и фазовые превращения керамического тела при более низких интервалах температур по сравнению с образцами без добавок.

Исследование Белопольского М.С. [7] показывает, что введение в состав шихты до 50% попутных продуктов асбестообогащения позволяет существенно улучшить сушильные свойства изделий: снижается чувствительность изделия практически на 50 % - сырца к сушке, уменьшаются первичные усадочные деформации на 40-45 %, развитие которых является отрицательным на качество изделия при получении конечного продукта. Эти параметры позволяют изменить режим сушки - ускорить данный процесс минимальным браком изделий.

В работах [8] доказана возможность получения каменных керамических материалов из отходов асбестообогащения. Получены огнеупорные каменные изделия, которые можно использовать при футеровке печей для обжига цементного клинкера, а также трубах котлов ТЭЦ.

Использованы **методы исследования**, представленные в лабораторном практикуме по керамическим и пористым материалам [9]. Обжиг керамических образцов осуществляли в муфельной печи (рис. 2) при температуре 900 - 1100°С. Были исследованы керамические образцы на обжиговые свойства по ГОСТ 7025-91 «Кирпич и камни керамические и силикатные.

Рис. 2. Обожженные керамические образцы

Сушильные и огневые линейные усадки рассчитывались по формулам 1-2 и после измерения расстояний между метками высушенных и обожженных образцов

$$\Delta l = \frac{l_0 - l_1}{l_1} 100\ \% \quad (1)$$

$$\Delta l_2 = \frac{l_1 - l_2}{l_2} 100\ \% \quad (2)$$

где: l_0 - начальное расстояние, мм;

l_1 - расстояние между метками после сушки, мм;

l_2 - расстояние между метками после обжига, мм.

Прочностные характеристики керамических образцов производились на испытательной машине ПСУ-10 (предел прочности при сжатии) в соответствии с ГОСТ 8462-85.

Для определения предела прочности при сжатии образцы изготавливались в форме цилиндра диаметром 25 мм. Для достижения строго параллельных плоскостей перед испытанием поверхности образцов выравнивались шлифовальном станке для равномерной передачи давления. Предел прочности при сжатии образца в МПа вычислялся по формуле:

$$\sigma = \frac{P}{F}, \quad (3)$$

где P - наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца;

F - площадь поперечного сечения образца, вычисляемая как среднее арифметическое значение площадей.

Значительное содержание монтмориллонитового минерала в сукпакской глине вызывает о высокую чувствительность к сушке, а также больших усадочных деформаций в процессе сушки и обжига. Поэтому в качестве основного компонента керамической массы мы приняли сукпакскую глину, а отходы асбестообогащения добавляли, как вспомогательный компонент.

Пустую породу асбестообогащения измельчали в щековой дробилке и просеивали через сито 0,63.

Далее отходы добавляли в глину с 10% до 60% интервалом 10 %. Опытные образцы формовали методом пластического прессования.

Отформованные образцы высушивались и обжигали при разных температурах для выяснения зависимости основных строительно-технологических характеристик обжигаемого материала от температуры обжига и от количества вводимой добавки.

При выполнении работы выявили зависимость характеристик, обожжённых образцов от количества вводимой добавки.

Результаты исследований показали, что введение отходов асбестообогащения в

состав шихты улучшают обжиговые свойства керамического изделия. При обжиге до 1100 °сведение отходов асбестообогащения до 20% в керамическую шихту способствовало уменьшению водопоглощения до 7,2 %, что меньше, чем в случае 100 % глины (9,7 %). Это означает, что интенсификация спекания керамической массы при введении магнийсодержащих отходов. На рис. 3 показана зависимость водопоглощения образцов от содержания вводной асбестосодержащей добавки.

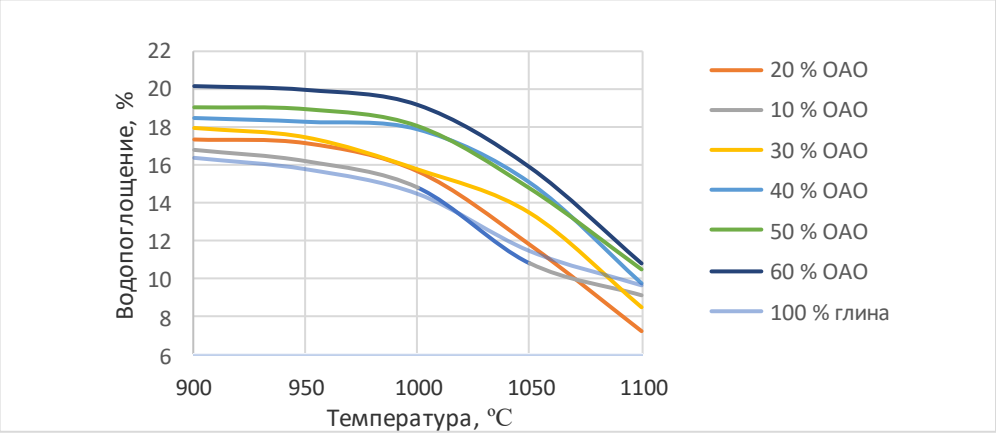

Рис. 3. Зависимость водопоглощения от температуры обжига

Для сравнительного анализа рассмотрены физико-механические свойства керамических образцов, обожженных при температуре 1100 ºС.

Как видно из диаграммы (рис. 4) введение 20-30 % отходов асбестообогащения в керамическую шихту уменьшает огневую усадку до 4,8 - 2,1 %, что меньше, чем в случае с чистой глиной (9,3 %).

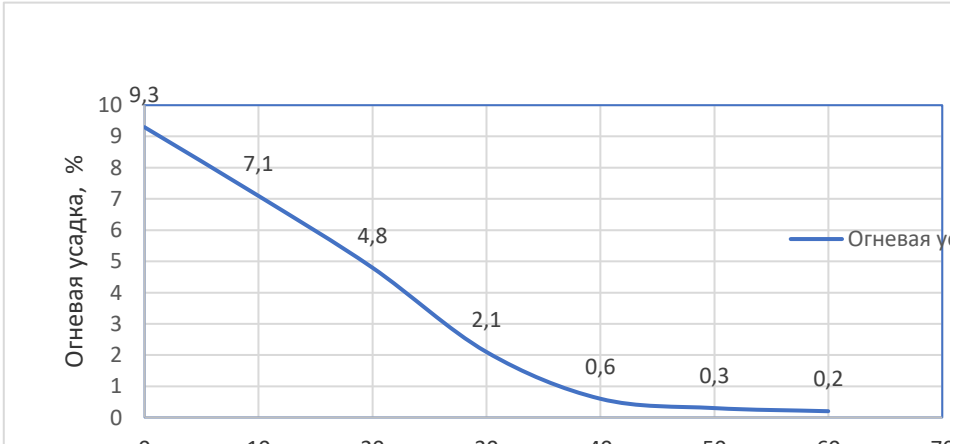

Рис. 4. Зависимость огневой усадки от количества добавок

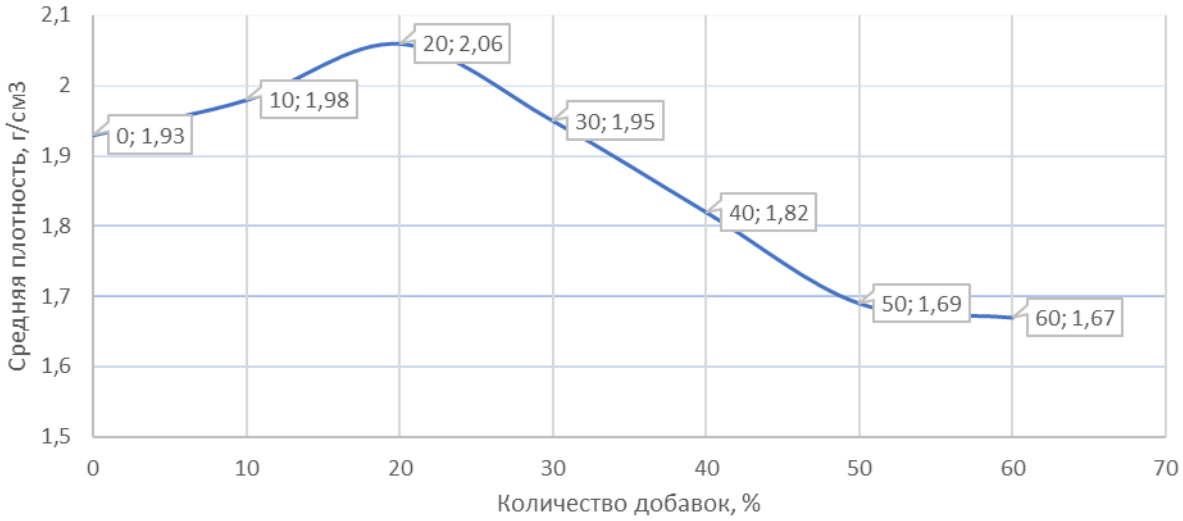

Рис. 5. Зависимость средней плотности от количества добавок

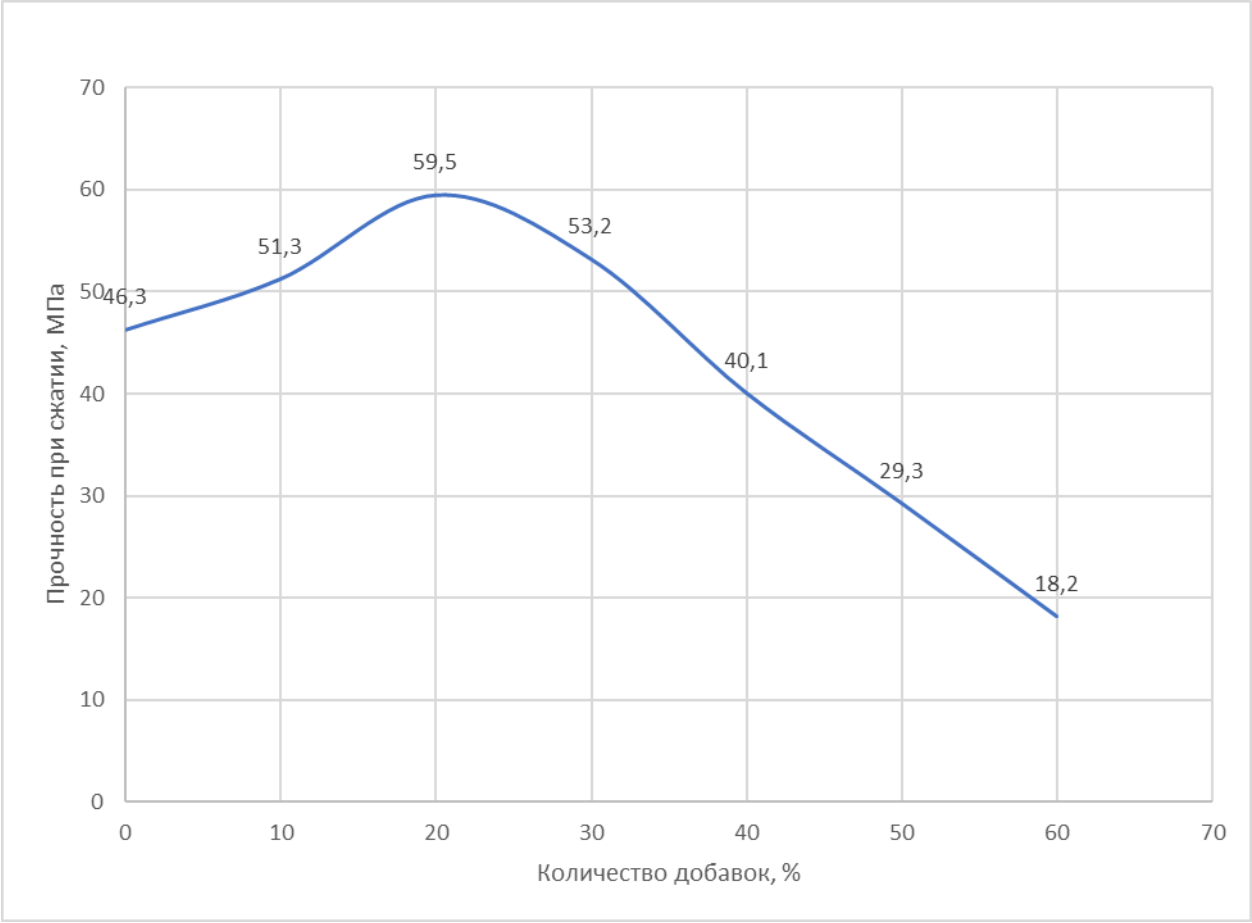

Рис. 6. Зависимость прочности от количества добавок

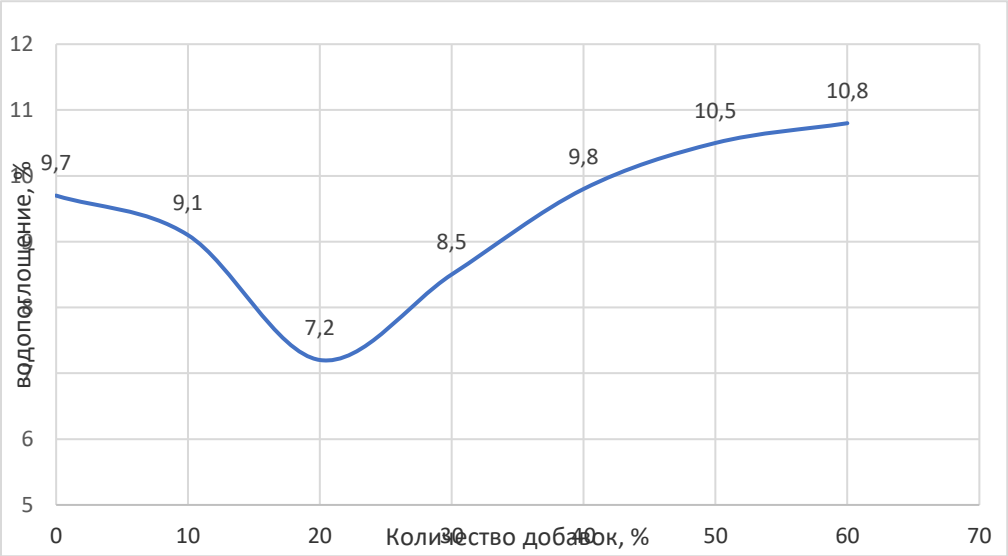

Рис. 7. Водопоглощение керамических образцов

Как видно, из графиков на рисунках 5, 6 и 7, ведение отходов асбестообогащения до 20 % при в температуре 1050-1100 ºС, оказывает повышение плотности 2,06 г/см^{3}и увеличениюпрочности до 59,5 МПа с уменьшением водопоглощения 7,2 %. Это свидетельствуето том, что в температурах 1050-1100 ºС происходит магний-силикатные реакции с образованием кордиеритовой фазы.

Последующее увеличение добавки ОАО от 40 % до 60 % снижает усадку до 0,2 %, однако другие физико-механические характеристики ухудшаются.

Дальнейшее увеличение количества отхода асбестообогащения, также значительно улучшает физико-механические свойства уже при более высоких температурах обжига (1200 и более °С).

При более высоких температурах от 1200 ºС до 1300 ºС при содержании добавки асбестообогащения до 80 %, прочность образцов достигаются 150 МПа, что характерно для огнеупорной керамики.

Полученные результаты, свидетельствуют, о необходимости использования побочных продуктов промышленности асбестообогащения для производства керамических изделий.

В заключении следует, что применение попутных продуктов асбестообогащения в условиях истощения запасов качественных глинимеет большое экономическое значения, а также попутные продукты представляют собой значительный сырьевой резерв. При этом отпадает, затраты на геологическую разведку и на содержание строительство новых других карьеров. Применение отходов промышленности решает экологическую проблему и расширяет местную сырьевую базудля производство изделий строительной керамики.

Библиографический список

1. Боженов, П.И., Глибина И.В. Строительная керамика из побочных продуктов промышленности / П.И. Боженов, И.В. Глибина. – Москва: Стройиздат, 1986. 136 с.– Текст : непосредственный.
2. Зверев, В.Б. Об использовании отходов промышленности для производства строительной керамики / В.Б. Зверев // Строительные материалы из попут. продуктов пром. – 1981.- №4. С. 37-49.
3. Прокофьева, В.В. Строительные материалы на основе силикатов магния. – Санкт-Петербург: Стойиздат СПб, 2000. – 200 с.: ил.– Текст : непосредственный.
4. Боженов, П.И. Комплексное исследование минерального сырья и экология._Москва.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 1994.-263с. – Текст : непосредственный.
5. Столбоушкин, А.Ю., Бердов Г.И. Ресурсосберегающая комплексная переработка минерального техногенного сырья в производстве строительных материалов. / Известие ВУЗов // Строительство. - 2011. - №1. – С. 28-31.
6. Кара-Сал, Б.К. Керамические материалы, обожженные при пониженном давлении: монография. - Кызыл: РИО ТувГУ. - 2014. – 212 с. Текст : непосредственный.
7. Белопольский, М.С. Совершенствование сушки керамических изделий /М.С. Белопольский // Керам. промышленность. Вып.4. - №6. 1985. – С.166-170.
8. Биче-оол, Н.М., Зверев В.Б. Возможность получения каменных керамических изделий из отходов асбестообогащения. / Сб. трудов СПбГАСУ. – 2001 г. вып. 2. - №2. С. 88-90.
9. Книгина, Г.И., Вершинина, Э.Н., Тацки Л.Н. Лабораторные работы по технологии строительной керамики и искусственных пористых заполнителей: учебное пособие для вузов. 3-е изд., доп. и перераб. Москва.: Высшая. школа.,1977. – 223 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Bozhenov P.I., Glibina I.V. Stroitel'naja keramika iz pobochnyh produktov promyshlennosti [Construction ceramics from by-products of industry]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1986, 136 p. (In Russian)
2. Zverev V.B. Ob ispol'zovanii othodov promyshlennosti dlja proizvodstva stroitel'noj keramiki [On the use of industrial waste for the production of building ceramics]. Stroitel'nye materialy iz poput. produktov prom. [Building materials made of waste products]. 1981, no. 4, p.37-49. (In Russian)

3. Prokofiev V.V. Stroitel'nye materialy na osnove silikatov magnija [Building materials based on magnesium silicates]. St. Petersburg, Stoizdat SPb Publ., 2000, 200 p. (In Russian)
4. Bozhenov P.I. Kompleksnoe issledovanie mineral'nogo syr'ja i jekologija [Complex research of mineral raw materials and ecology]. Moscow, Publishing House of the Association of Construction Universities, 1994, 263 p. (In Russian)
5. Stolboushkin A.Yu., Berdov G.I. Resursosberegajushhaja kompleksnaja pererabotka mineral'nogo tehnogennogo syr'ja v proizvodstve stroitel'nyh materialov [Resource-saving complex processing of mineral technogenic raw materials in the production of building materials]. Izvestie VUZov. Stroitel'stvo [Izvestiya of universities. Construction]. 2011, no.1, p. 28-31. (In Russian)
6. Kara-Sal B.K. Keramicheskie materialy, obozhzhennye pri ponizhennom davlenii: monografija [Ceramic materials fired at reduced pressure: monograph]. Kyzyl, TuvSU Publ., 2014, 212 p. (In Russian)
7. Belopolsky M.S. Sovershenstvovanie sushki keramicheskih izdelij [Improving the drying of ceramic products]. Keram. promyshlennost' [Ceramic industry]. Issue.4, no. 61985, p. 166-170. (In Russian)
8. Biche-ool N.M., Zverev V.B. Vozmozhnost' poluchenija kamennyh keramicheskih izdelij iz othodov asbestoobogashhenija [The possibility of obtaining stone ceramic products from asbestos enrichment waste]. Sb. trudov SPbGASU [Collection of works of SPb State University of Architecture and Construction]. 2001, issue 2, no.2, p. 88-90. (In Russian)
9. Knigina G.I., Vershinina E.N., Tatsky L.N. Laboratornye raboty po tehnologii stroitel'noj keramiki i iskusstvennyh poristyh zapolnitelej: uchebnoe posobie dlja vuzov. 3-e izd., dop. i pererab. [Laboratory work on the technology of construction ceramics and artificial porous aggregates: a textbook for universities. 3rd ed., supplem. and revised]. Moscow, Higher. school. Publ., 1977, 223 p. (In Russian)

Сат Дмитрий Хураган-оолович, старший преподаватель кафедры строительства и ЖКХ Тувинского государственного университета, г. Кызыл, Россия, e-mail: tuvgyproekt@mail.ru

Dmitry Khuragan-oolovich Sat, Senior Lecturer at the Department of Construction and Housing, Tuvan State University, Kyzyl, Russia, e-mail: tuvgyproekt@mail.ru

Статья поступила в редакцию 08.11.2023

УДК 621.3.019.3
doi 10.24411/2221-0458-2023-16-27

КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ, ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИХ ПОЯВЛЕНИЕ АВАРИЙНЫХ ИЗНОСОВЫХ ОТКАЗОВ

Сандан Н.Т., Саая К.С.
Тувинский государственный университет, г. Кызыл

MEASURES TO PREVENT THE OCCURRENCE OF EMERGENCY WEAR AND TEAR FAILURES

N.T. Sandan, K.S. Saaya
Tuvan State University, Kyzyl

В данной статье рассмотрено значительное уменьшение интенсивности изнашивания деталей машин и повышение их надежности. Они могут быть достигнуты за счет своевременного проведения ряда эксплуатационных мероприятий, предупреждающих появление аварийных износовых отказов. Эти мероприятия являются профилактическими и называются техническими обслуживаниями. Устранить внезапные отказы этими мероприятиями нельзя. В результате исследования профилактическими мероприятиями не удается устранить все износовые отказы.

Ключевые слова: техническое обслуживание; эксплуатация; износ; ремонт

This article considers a significant reduction in the intensity of machine parts wear and an increase in their reliability. It can be achieved due to the timely implementation of a number of operational measures that prevent the occurrence of emergency wear and tear failures. These measures are called maintenance service. It is impossible to eliminate sudden refusals by these measures. As a result of the study, preventive measures fail to eliminate all wear and tear failures.

Keywords: maintenance; operation; wear and tear; repair

Введение

Техническое обслуживание является комплексом мероприятий, направленным на поддержание машин в постоянной технической готовности путем своевременного устранения и предупреждения причин, вызывающих износ и поломки деталей. Правильным выполнением этого комплекса обеспечиваются высокая надежность и долговечность машин, а также устранение

причин, вызывающих перерасход эксплуатационных материалов.

В технические обслуживания входят работы по чистке и мойке машин, их заправке эксплуатационными материалами, смазке, крепежу, контролю и регулировке узлов.

Технические обслуживания проводятся по системе, которая называется планово-предупредительной. Вторая часть названия обусловливается главной целью – профилактикой интенсивного изнашивания, неисправностей, поломок. Плановость системы заключается в том, что все мероприятия выполняются по плану, в соответствии с установленной периодичностью и содержанием, независимо от состояния машины [8-14].

Одной из основ системы технических обслуживаний является периодичность их проведения. При назначении последнего должен приниматься во внимание ряд факторов – изменение эксплуатационных показателей в связи с изнашиванием деталей, соотношение удельных затрат на техническое обслуживание и ремонт, изменение надежности машины, сроки службы ее деталей и другие.

Методы

Перспективы развития системы технических обслуживаний транспортных средств в различных ведомствах, например, в народном хозяйстве, железнодорожных, инженерных войсках различны, хотя их построение в принципе одинаково. Основные указания о техническом обслуживании машин черпаются из фирменных инструкций ТС. Однако в них большей частью отсутствуют данные о сроках проведения технических уходов, не четко указывается их содержание. Лишь иногда приводятся полные данные, в этом случае они в принципе аналогичны системе, принятой в России.

Главным направлением при этом является уточнение периодичности технических обслуживаний. С этой целью устанавливаются более точные сроки службы деталей путем широкого развертывания статистических наблюдений. Очень важным является стремление учитывать при назначении периодов между техническими обслуживаниями условий эксплуатации ТС.

Результаты

В процессе эксплуатации транспортного средства, в связи с изнашиванием деталей, ухудшаются его эксплуатационные показатели, в частности производительность. Следовательно, было бы выгодно как можно чаще производить замену и регулировку деталей. Но при этом возрастают затраты времени на производство ТО и, в результате, снижается производительность.

При учете соотношения удельных затрат на ТО и Р принимается во внимание то, что при выполнении ТО до начала

аварийного изнашивания деталей средняя интенсивность изнашивания снижается, срок необходимого ремонта отдаляется, затраты на производство ремонта сокращаются, а на ТО, вследствие увеличения их количества возрастают. При более позднем выполнении ТО затраты на них снижаются, а на ремонт возрастают [16].

Оптимальная величина периодичности ТО определяется из уравнения [16]:

$$\frac{d}{dT_0}\left(C_1\frac{T}{T_0}+f(T_0)\frac{T}{\phi T_0}\right)=0, \quad (1)$$

где T_0 – период между техническими обслуживаниями; T – период времени; C_1 – стоимость выполнения одного технического обслуживания; φT_0 – период между ремонтами.

Если средняя наработка на отказ машины, полученная на основе опытных данных с учетом аварийного и естественного износа равна m, а период между техническими обслуживаниями равен T_0, то надежность машины за время T_0:

$$R(T_0)=e^{-\frac{T_0}{m}}, \quad (2)$$

где m – аварийный и естественный износ машины.

Эффективность системы профилактических мероприятий может быть оценена по методике И. А. Луйка.

Удельный вес износовых отказов, при их интенсивности λ_u в общем потоке отказов с интенсивностью λ равен:

$$k_u=\frac{\lambda_u}{\lambda}, \quad (3)$$

где λ_u – интенсивность износовых отказов; λ – общий поток отказов с интенсивностью

Профилактическими мероприятиями не удается устранить все износовые отказы. Эффективность этих мероприятий характеризуется коэффициентом $k_э$:

$$k_э=\frac{\lambda_u-\lambda'_u}{\lambda}, \quad (4)$$

где λ' – интенсивность износовых отказов, не устраняемых профилактикой.

В принятую в настоящее время систему ТО входят следующие основные их виды:

- ежедневные или ежесменные (ЕТО);

- периодические (ТО-1, ТО-2); (на некоторых транспортных машинах, например гусеничных транспортно-тягового класса, предусмотрено проведение ТО-3);

- технические обслуживания при изменении условий эксплуатации; (изменение условий эксплуатации учитывается корректировочными

коэффициентами периодичности (для АТС) или трудоемкости (для НТТМ) работ. Если имеется ввиду годовая сезонность эксплуатации, то это «сезонное обслуживание»);

- технические осмотры.

Ежедневное техническое обслуживание производится в конце каждой смены или дня работы машины, независимо от объема выполненной работы, силами расчета машины. При ЕТО предусматриваются следующие виды работ:

- очистка машин, инструментов, принадлежностей от пыли и грязи;

- тщательный осмотр машин с проведением необходимых крепежных и регулировочных работ;

- смазка узлов в соответствии с картой смазки;

- дозаправка машины эксплуатационными материалами.

Периодические технические обслуживания производятся после выполнения машиной определенного объема работы в часах или километрах пробега. [17]. Периодичность их характеризуется величиной межосмотровых (межремонтных) периодов. В зависимости от объема работ, предусмотренных нормативами, технические обслуживания подразделяются на виды – № 1 (ТО-1), № 2 (ТО-2), иногда даже № 3 (ТО-3). При каждом обслуживании высшего номера выполняются все операции обслуживания предыдущих номеров и некоторые специальные работы [19].

Состав работ, обязательный при технических обслуживаниях, может определяться по методике, предложенной Е. С. Кузнецовым.

При этом, статистическими наблюдениями устанавливается коэффициент k повторяемости операций:

$$k = \frac{M}{N}, \quad (5)$$

где M – число случаев возникновения потребности в ТО; N – общее число наблюдений.

В первое техническое обслуживание должны входить прежде всего операции с $k_1 = 1$; при $k = \frac{1}{n}$ операция должна включаться в следующее ТО.

Таким образом, к ТО-1 относятся операции, у которых:

$$1 \geq k_1 \geq \frac{1}{n}, \quad (6)$$

Мера увеличения k_1 сравнительно с величиной $\frac{1}{n}$ – зависит от заданной надежности.

После некоторых математических преобразований получается для:

ТО-1:

$$1 \geq k_1 \geq \frac{1}{(n-1)R(T_0)}, \quad (7)$$

где *n*– кратность межосмотровых периодов; k_1 – коэффициент повторяемости первой операций; $R(T_0)$ – заданная надежность за время T_0.

для ТО-2:

$$\frac{1}{(n-1)R(T_0)} \geq k_2 \geq \frac{1}{2R(T_0)(n-0{,}5)}, \quad (8)$$

где k_2 – коэффициент повторяемости первой операций;

В каждое периодическое техническое обслуживание включаются в технический уход и текущий ремонт. Характерное распределение трудоемкостей ТО по видам работ в процентах приводится в таблице 1 [20].

Таблица 1 – Трудоемкость ТО по видам работ в процентах

Виды работ	Автомобиль ГАЗ Соболь НН	
	ТО-1	ТО-2
Контрольные	21,2	28,1
Крепежные	21,5	19,3
Регулировочные	9,2	7,5
Смазочные, заправочные и очистительные	22,5	18,0
Электротехнические	15,2	15,3
Обслуживание двигателя	3,0	6,2
Шинные	7,4	5,6

Текущий ремонт при периодическом техническом обслуживании производится с целью устранения обнаруженных неисправностей. Заблаговременно его точный объем не может быть известен. Трудоемкость ТР ориентировочно равна для ТО-1 12-25%, для ТО-2 30-100% трудоемкости технического ухода [20].

При составлении заявок на материалы, оборудование и т.п. трудоемкость текущего ремонта рассчитывается по нормативам на единичный объем работы. Для автомобилей грузоподъемностью 2,5-3,4 т на 1000 км пробега требуется 7,0 чел.-ч текущего ремонта (по Положению о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта).

ТО производятся личным составом расчета машин с привлечением специалистов ремонтников для выполнения ТР.

ТО при измениях условий эксплуатации проводится при подготовке техники к эксплуатации в новом сезоне – весенне-летнем или осенне-зимнем (сезонные обслуживания), при постановке машин на хранение и снятии с него, при

подготовке машин к перемещению, при изменении условий работы (например, с равнинных на высокогорные) и в других случаях. Содержание этих ТО зависит от типа машин и условий их предстоящей эксплуатации и рассматривается ниже [6].

Технические осмотры являются одной из составных частей системы ТО. Их задачей является установление состояния машины, правильности ее содержания и обслуживания. Техническим осмотрам подвергаются все ТС – эксплуатируемые и не эксплуатируемые [18].

Первым видом технических осмотров являются контрольные осмотры, которые подразделяются на осмотры при выходе из парка и при возвращении в парк и на осмотры при перерывах в работе. Первые проводятся персоналом контрольно-технического пункта парка, последние – расчетом машины.

Задачей контрольных осмотров является проверка состояния основных узлов и агрегатов машины, причем основное внимание уделяется узлам и агрегатам, обеспечивающим безопасность работы машин.

Все машины подвергаются периодическим техническим осмотрам, проводимым должностными лицами.

При периодических технических осмотрах проверяются внешний вид, условия хранения, комплектность и техническое состояние машин (опробованием на холостом ходу и при необходимости на рабочем режиме).

Однако дифференциация условий работы машин еще не позволяет точно определить действительную потребность в ТО. Необходимо учесть также загрузку машин. С этой целью имеется ряд предложений по измерениям периодичности ТО в единицах работы, выполняемой машинами, например, для автомобилей в ткм. Эти предложения правомерны, однако для их осуществления требуются сбор и обработка большого объема статистического материала, который пока еще не накоплен [1-5].

Стремление теснее увязать построение системы ТО с характером работы машин проявляется и в том, что их периодичность учитывает календарное время работы машин. Например, почти всеми официальными документами по эксплуатации ТС предусмотрено проведение раз в месяц парковых дней, во время которых должны выполняться ТО.

Выводы

В настоящее время периодичность выполнения ряда смазочных операций не совпадает с периодичностью ТО. Это приводит к излишней потере рабочего времени машин, удорожанию их содержания. Поэтому сейчас за счет более правильного выбора смазочных материалов, улучшения конструкций смазочных устройств стремятся получить

равную кратность сроков замены смазочных материалов и проведения ТО. Стремление к сокращению числа видов ТО с целью упрощения организации их выполнения и к увеличению сроков между ними наблюдается сейчас повсеместно. В этом отношении характерна инструкция по проведению планово-предупредительного ремонта ТС. Таким образом, предусмотрено значительное сокращение затрат времени и труда на выполнение ТО по сравнению с ранее существующими системами.

Целью рационально организованной технической эксплуатации ТС является получение от них наибольшего производственного эффекта, под которым понимается:

- наивысшая производительность;
- наибольший срок службы вообще и между ремонтами в частности;
- наименьшие затраты при работе ресурсов различных видов.

В настоящее время в области технической эксплуатации ТС имеются недостатки, объясняемые в значительной степени тем, что на многих организациях не используется передовая технология мероприятий, объединяемых понятием «техническая эксплуатация», не применяются научные методы управления эксплуатацией.

Библиографический список

1. Сандан Н.Т., Евтюков С.А., Репин С.В. Влияние износа на изменение эксплуатационных свойств наземных транспортно-технологических машин в процессе эксплуатации / Н.Т. Сандан, С.А. Евтюков, С.В. Репин // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 3 (68). – С. 161-165.
2. Сандан Н.Т., Максимов С.Е., Горшков В.Н., Дружинин П.В. Возраст наземных транспортно-технологических машин как фактор влияния на интенсивность отказов / Н.Т. Сандан, С.Е. Максимов, В.Н. Горшков, П.В. Дружинин // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 3 (62). – С. 207-210.
3. Сандан Н.Т., Евтюков С.А., Монгуш С.Ч. Влияние морального износа на сроки службы машин / Н.Т. Сандан, С.А. Евтюков, С.Ч. Монгуш // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 1. № 12. – С. 114-118.
4. Сандан Н.Т., Конгар-оол В.В., Евтюков С.А., Кайзер Ю.Ф., Борбак-оол Н.С.Контролепригодность и методы определения технического состояния наземных транспортно-технологических машин / Н.Т. Сандан, В.В. Конгар-оол, С.А. Евтюков, Ю.Ф. Кайзер, Н.С. Борбак-оол // Известия Тульского

государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 10. – С. 462-468.

5. Евтюков С.А., Сандан Н.Т. Особенности эксплуатации парков машин в условиях низких температур / С.А. Евтюков, Н.Т. Сандан // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 2 (55). – С. 186-191.
6. Сандан Н.Т., Чеглакова Л.С., Евтюков С.А. Управление технической эксплуатацией транспортных средств: монография / Н.Т. Сандан, Л.С. Чеглакова, С.А. Евтюков – Санкт-петербург: ООО ИД «Петрополис» , 2020. – С. 352.
7. Сандан Н.Т., Брылев И.С., Евтюков С.А. Теория эксплуатационной надежности машин: лекционный курс / Н.Т. Сандан, И.С. Брылев, С.А. Евтюков – Санкт-Петербург: ООО ИД «Петрополис», 2020. – С. 203.
8. Черняев И.О., Воробьев С.А., Евтюков С.А. Способ оперативной индивидуальной корректировки периодичности технического обслуживания автотранспортных средств / И.О. Черняев, С.А. Воробьев, С.А. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 2 (79). – С. 202-207.
9. Евтюков С.А., Терентьев А.В., Гинзбург Г. Методология управления рациональным сроком службы автомобиля / С.А. Евтюков, А.В. Терентьев, Г. Гинзбург // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. – № 1 (56). – С. 3-10.
10. Виноградов, В.М. Организация производства технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей: Учебное пособие / В.М. Виноградов. – М.: Академия. – 2018. – С. 112.
11. Власов, В.М. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Учебник / В.М. Власов. – М.: Academia. – 2019. – С. 672.
12. Гладов, Г.И. Текущий ремонт различных типов автомобилей. В 2 ч. Ч. 2: Грузовые автомобили большой грузоподъемности: Учебник / Г.И. Гладов, М.П. Малиновский. – М.: Academia. – 2018. – С. 158.
13. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е.С. Кузнецов. – М.: Транспорт. – 2008. – С. 272.
14. Чооду О.А. Проблемы технического обслуживания машин в Республике Тыва / О.А. Чооду // Вестник Тувинского государственного университета. №3 Технические и физико-математические науки. – 2019. – № 3 (50). – С. 40-50.
15. Евтюков С.А., Чооду О.А. Влияние условий местности на техническую эксплуатацию и формирование парков машин / С.А. Евтюков, О.А. Чооду

//Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 3 (50). – С. 239-243.

16. Терентьев А.В., Карелина М.Ю., Клименко В.А. Анализ методов определения показателей технической эксплуатации автомобилей / А.В. Терентьев, М.Ю. Карелина, В.А. Клименко // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 3 (74). – С. 3-8.
17. Арифуллин И.В., Терентьев А.В., Аллакин А.А. Метод оценки качества эксплуатации автотранспортных средств / И.В. Арифуллин, А.В. Терентьев, А.А. Аллакин // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2018. – № 11. – С. 58-61.
18. Кирьенко Д.К., Терентьев А.В. Влияние непланового текущего ремонта на рациональный срок службы автотранспортного средства / Д.К. Кирьенко, А.В. Терентьев // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 4 (57). – С. 178-182.
19. Терентьев А.В., Ртищев Н.А., Амирханов Р.Р. Методика расчета производственной программы по техническому обслуживанию и текущему ремонту подвижного состава, регламенты которого не предусматривают капитальный ремонт / А.В. Терентьев, Н.А. Ртищев, Р.Р. Амирханов // Успехи современной науки. – 2016. – Т. 3. № 4. –С. 43-48.
20. Прудовский Б.Д., Терентьев А.В. Методы анализа показателя «трудоемкость» текущего ремонта / Б.Д. Прудовский, А.В. Терентьев // Вестник гражданских инженеров. – 2014. – № 1 (42). – С. 117-120.

References

1. Sandan N.T., Evtyukov S.A., Repin S.V. Vlijanie iznosa na izmenenie jekspluatacionnyh svojstv nazemnyh transportno-tehnologicheskih mashin v processe jekspluatacii [The influence of wear on the change in the operational properties of ground-based transport and technological machines during operation]. Vestnik grazhdanskih inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers], 2018, no. 3 (68), pp. 161-165. (In Russian)
2. Sandan N.T., Maksimov S.E., Gorshkov V.N., Druzhinin P.V. Vozrast nazemnyh transportno-tehnologicheskih mashin kak faktor vlijanija na intensivnost' otkazov [Age of ground transport and technological machines as a factor influencing the failure rate]. Vestnik grazhdanskih inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers], 2017, no. 3 (62), pp. 207-210. (In Russian)
3. Sandan N.T., Evtyukov S.A., Mongush S.Ch. Vlijanie moral'nogo iznosa na sroki sluzhby mashin [The influence of obsolescence on the service life of machines]. Uspehi sovremennoj nauki [Advances in modern science], 2017, vol.. 1, no. 12, p. 114-118. (In Russian)

4. Sandan N.T., Kongar-ool V.V., Evtyukov S.A., Kaiser Yu.F., Borbak-ool N.S. Kontroleprigodnost' i metody opredelenija tehnicheskogo sostojanija nazemnyh transportno-tehnologicheskih mashin [Testability and methods for determining the technical condition of ground-based transport and technological machines]. Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki [News of Tula State University. Technical sciences], 2020, no. 10, p. 462-468. (In Russian)
5. Evtyukov S.A., Sandan N.T. Osobennosti jekspluatacii parkov mashin v uslovijah nizkih temperature [Peculiarities of operating vehicle fleets in low temperature conditions]. Vestnik grazhdanskih inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers], 2016, no. 2 (55), pp. 186-191. (In Russian)
6. Sandan N.T., Cheglakova L.S., Evtyukov S.A. Upravlenie tehnicheskoj jekspluataciej transportnyh sredstv: monografija [Management of technical operation of vehicles: monograph]. St. Petersburg, LLC Publishing House of Petropolis, 2020, p. 352. (In Russian)
7. Sandan N.T., Brylev I.S., Evtyukov S.A. Teorija jekspluatacionnoj nadezhnosti mashin: lekcionnyj kurs [Theory of operational reliability of machines: lecture course]. St. Petersburg: LLC Publishing House of Petropolis, 2020, p. 203. (In Russian)
8. Chernyaev I.O., Vorobyov S.A., Evtyukov S.A. Sposob operativnoj individual'noj korrektirovki periodichnosti tehnicheskogo obsluzhivanija avtotransportnyh sredstv [A method for prompt individual adjustment of the frequency of technical maintenance of vehicles]. Vestnik grazhdanskih inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers], 2020, no. 2 (79), pp. 202-207. (In Russian)
9. Evtyukov S.A., Terentyev A.V., Ginzburg G. Metodologija upravlenija racional'nym srokom sluzhby avtomobilja [Methodology for managing the rational service life of a car]. Mir transporta i tehnologicheskih mashin [World of transport and technological machines], 2017, no. 1 (56), p. 3-10. (In Russian)
10. Vinogradov V.M. Organizacija proizvodstva tehnicheskogo obsluzhivanija i tekushhego remonta avtomobilej: Uchebnoe posobie [Organization of production of technical maintenance and current repair of cars: Textbook]. Moscow, Academy Publ., 2018, p. 112. (In Russian)
11. Vlasov V.M. Tehnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobilej: Uchebnik [Maintenance and repair of automobiles: Textbook]. Moscow, Academia Publ., 2019, p. 672. (In Russian)
12. Gladov G.I. Tekushhij remont razlichnyh tipov avtomobilej. V 2 ch. Ch. 2: Gruzovye avtomobili bol'shoj gruzopod#emnosti: Uchebnik [Current repairs of various types of cars. In 2 hours. Part 2: Heavy-duty

trucks: Textbook]. Moscow, Academia Publ., 2018, p. 158. (In Russian)

13. Kuznetsov E.S. Upravlenie tehnicheskoj jekspluataciej avtomobilej [Management of technical operation of automobiles]. Moscow, Transport Publ., 2008, p. 272. (In Russian)
14. Choodu O.A. Problemy tehnicheskogo obsluzhivanija mashin v Respublike Tyva [Problems of machine maintenance in the Republic of Tuva]. Vestnik of Tuvan State University. Iss.. 3 Technical and physical and mathematical sciences, 2019, no. 3 (50), p. 40-50. (In Russian)
15. Evtyukov S.A., Choodu O.A. Vlijanie uslovij mestnosti na tehnicheskuju jekspluataciju i formirovanie parkov mashin [Influence of local conditions on technical operation and formation of vehicle fleets]. Vestnik grazhdanskih inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers], 2015, no. 3 (50), pp. 239-243.
16. Terentyev A.V., Karelina M.Yu., Klimenko V.A. Analiz metodov opredelenija pokazatelej tehnicheskoj jekspluatacii avtomobilej [Analysis of methods for determining indicators of technical operation of cars]. Mir transporta i tehnologicheskih mashin [World of transport and technological machines], 2021, no. 3 (74), p. 3-8. (In Russian)
17. Arifullin I.V., Terentyev A.V., Allakin A.A. Metod ocenki kachestva jekspluatacii avtotransportnyh sredstv [Method for assessing the quality of operation of vehicles]. Transport: nauka, tehnika, upravlenie. Nauchnyj informacionnyj sbornik [Transport: science, technology, management. Scientific information collection], 2018, no. 11, p. 58-61. (In Russian)
18. Kirienko D.K., Terentyev A.V. Vlijanie neplanovogo tekushhego remonta na racional'nyj srok sluzhby avtotransportnogo sredstva [The influence of unscheduled maintenance on the rational service life of a vehicle]. Vestnik grazhdanskih inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers], 016, no. 4 (57), pp. 178 - 182. (In Russian)
19. Terentyev A.V., Rtishchev N.A., Amirkhanov R.R. Metodika rascheta proizvodstvennoj programmy po tehniche-skomu obsluzhivaniju i tekushhemu remontu podvizhnogo sostava, reglamenty kotorogo ne predusmatrivajut kapital'nyj remont [Methodology for calculating the production program for the maintenance and current repair of rolling stock, the regulations of which do not provide for major repairs]. Uspehi sovremennoj nauki [Advances in modern science], p. 2016, vol. 3, no. 4, p. 43-48. (In Russian)
20. Prudovsky B.D., Terentyev A.V. Metody analiza pokazatelja «trudoemkost'» tekushhego remonta [Methods for analyzing the indicator “labor intensity” of current repairs]. Vestnik grazhdanskih inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers], 2014, no. 1 (42), pp. 117-120. (In Russian)

Сандан Нелли Тимуровна, старший преподаватель кафедры «Транспортно-технологические средства», ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет», г. Кызыл, Россия, эл. почта: sandan.nelli@yandex.ru

Саая Кежик Салгынович, аспирант, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия, эл.почта: caaya92@yandex.ru

Nelli Timurovna Sandan, Senior Lecturer at the Department of Transport and Technological Means, Tuvan State University, Kyzyl, Russia, e-mail: sandan.nelli@yandex.ru

Kezhik Salgynovich Saaya, Graduate, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia, e-mail: caaya92@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 07.11.2023

УДК 004.9

doi 10.24411/2221-0458-2023-28-38

ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОБЗОР 3D-ПЕЧАТИ

Конгар-оол В.В., Балзанай С.В.

Тувинский государственный университет, Кызыл

PERSPECTIVES OF COMPUTED DESIGN: REVIEW OF 3D PRINTING

V.V. Kongar-ool, S.V. Balzanai

Tuvan State University, Kyzyl

Компьютерное проектирование это использование компьютерного программного обеспечения для моделирования конструкции, анализа конструкции и разработки проектной документации. Преимущества систем автоматизированного проектирования могут быть увеличены в сочетании с искусственным интеллектом, расширенной реальностью и производством. В технологии расширенной реальности моделирование может происходить в виртуальной трехмерной среде, что обеспечивает превосходное взаимодействие и лучший анализ. В производстве, как видно из технологии 3D-печати, систем автоматизированного проектирования могут быть напрямую связаны с производством, что позволяет легко и быстро производить сложные детали. В этой статье рассматривается интеграция искусственного интеллекта в систему автоматизированного проектирования, а также применение систем автоматизированного проектирования в расширенной реальности и 3D-печати. Основная цель этой работы — представить обзор современного состояния систем автоматизированного проектирования и их приложений, а также спрогнозировать их будущие перспективы. Статья написана с использованием систематического обзора журнальных статей с акцентом на широкий спектр потенциально важных исследований в области систем автоматизированного проектирования. Обсуждаются преимущества внедрения искусственного интеллекта в системы автоматизированного проектирования, использование систем автоматизированного проектирования в расширенной реальности и 3D-печати и, наконец, краткое обсуждение проблем, которые выводят систему автоматизированного проектирования на новый уровень. Был сделан вывод, что спрос на несколько разнообразных продуктов, основанных на вводе одного объекта интерактивном

моделировании, а также прямой интеграции проектирования и производства, выводит систему автоматизированного проектирования на новый уровень.

Ключевые слова**:** автомобилестроение; искусственный интеллект; расширенная реальность; 3D-печать; система

Computer-aided design (CAD) is the use of computer software for design modeling, design analysis, structural analysis, and design documentation. However, the benefits of CAD can be enhanced when combined with artificial intelligence (AI), augmented reality and manufacturing. AI can create intelligent GUIs and turn tedious design processes into complex ones. In augmented reality technology, simulation can take place in a virtual 3D environment, allowing for superior interaction and better analysis. In manufacturing, as seen with 3D printing technology, CAD systems can be directly linked to production, allowing complex parts to be produced easily and quickly. This article examines the integration of artificial intelligence (AI) into CAD, as well as the application of CAD in augmented reality and 3D printing. The main purpose of this review is to provide an overview of the current state of CAD and its applications and to predict their future prospects. The article was written using a systematic review of journal articles, focusing on a wide range of potentially important research in the field of CAD. The benefits of implementing AI in CAD systems, the use of CAD in augmented reality and 3D printing, and finally a brief discussion of the challenges that are taking CAD to the next level are discussed. Finally, the review concluded that the demand for several diverse products based on single object input, immersive and interactive modeling, and direct integration of design and manufacturing is taking CAD to the next level.

Keywords: automotive industry; artificial intelligence; extended reality; 3D printing; system

С помощью цифровых технологий технологический прогресс выводит мир на новый уровень. Многочисленные технологические достижения, программные и аппаратные возможности, а также рабочие процессы происходят быстрыми темпами. Эволюция платформ, такая как облачные технологии и влияние Интернета вещей, в настоящее время стимулирует внедрение универсальной системы доступа, обеспечивающей быстрые и эффективные инновации, гибкие ресурсы, расширенную онлайн-безопасность и масштабируемость. По мнению автора, технология автоматизированного проектирования постоянно развивается, чтобы идти в ногу с меняющейся средой. Моделирование на основе искусственного интеллекта предлагает лучшее решение с меньшими усилиями, несмотря на внутренние параметры работающей системы. Большинство инструментов построения

сетки игнорируют параметрическую информацию и просто создают сетку по представлению границы модели. В результате каждый раз, когда реализуется параметрическая модификация, модель существенно отличается от исходной концепции, что происходит несколько раз в процессе проектирования. Более того, размер сетки также является еще одним фактором при создании сетки. Программное обеспечение Deform-3D использовалось для упрощения сильного искажения сетки при сварке трением с перемешиванием из-за процессов сильной пластической деформации [7]. В общем, получение идеальной сетки занимает много времени. Однако благодаря последним разработкам, таким как SimSolid, теперь можно сразу же получить симуляцию. Программа SimSolid позволяет быстро выполнять интеграции проектирования, поскольку генерирует моделирование без создания сетки. Это сокращает время, необходимое для моделирования, устраняя необходимость использования локального управления сеткой в более напряженных местах. Он способен выполнять тот же анализ, что и другие широко используемые инструменты анализа методом конечных элементов. Живой инструмент ANSYS Discovery может выдавать результаты моделирования в режиме реального времени. Так же быстро, как вы можете вращать модель, вы можете редактировать ее геометрию и видеть результаты напряжения. Инструмент Instant CAD может выполнять моделирование анализируемой детали и мгновенно выдавать результаты моделирования. Это может повысить производительность за счет сокращения отходов. Согласно исследованиям, программу CAD можно использовать в полной мере для повышения производительности и качества работы за счет интеграции с новыми современными технологиями.

В настоящей статье основное внимание уделяется использованию искусственного интеллекта в системе автоматизированного проектирования, а также использованию систем автоматизированного проектирования в расширенной реальности и 3D-печати. Искусственный интеллект охватывает широкий спектр областей благодаря своим потенциальным применениям, о чем свидетельствуют многочисленные научные статьи и практические применения [4]. Искусственный интеллект использует количественные рассуждения, симуляцию и глубокое моделирование. Некоторые области применения искусственного интеллекта включают оценку изображений компонентов производственной линии в режиме реального времени, повышение безопасности труда, снижение затрат, разработку новых продуктов в режиме реального времени и т. д. В расширенной

реальности (т.е. виртуальной реальности, дополненной реальности и смешанной реальности в контексте данной статьи) результаты моделирования происходят в трехмерной среде, что дает возможность просматривать объекты в трех измерениях. Технология расширенной реальности не ограничивается академическими исследованиями, они возникли в новой отрасли. В различных дисциплинах виртуальной реальности исследователи достигли огромного прогресса. Они широко используются в космических путешествиях, что сопряжено с большими затратами и рисками. Еще одно важное применение систем автоматизированного проектирования — технология 3D-печати. 3D-печать — это процесс аддитивного производства, который включает в себя послойное производство твердотельных 3D-объектов непосредственно из моделей систем автоматизированного проектирования без помощи инструментов, зависящих от деталей, и используется для изготовления сложных и высокоточных объектов во многих областях. Он производит революцию в производстве благодаря своей уникальной способности печатать сложные формы и производить точную систему.

Рис. 1. Сравнение традиционного и аддитивного производства

Однако на данный момент 3D-печати не будет без применения систем автоматизированного проектирования. По существу, 3D печать – это полная противоположность стандартным методам производства и обработки, таким как фрезерование и точение, где обработка осуществляется путем удаления лишней части заготовки (Рис. 1).

В целом, создание среды интеллектуального проектирования требует разработки многочисленного программного

обеспечения с вычислительными и аналитическими функциями. В этой статье рассматривается будущее систем автоматизированного проектирования с искусственным интеллектом, расширенной реальностью и 3D-печатью. Основная цель этого обзора — оценить важность интеграции искусственного интеллекта в CAD-системы и изучить применение CAD в технологиях расширенной реальности и 3D-печати, а также его будущие перспективы.

Ранее термин «искусственный интеллект» использовался для описания способности машин имитировать человеческий интеллект посредством обучения и рассуждений во время решения сложных задач [2]. Интеллектуальные машины рассуждают и принимают решения самостоятельно и без ошибок в соответствии со своей конструкцией или заранее заданной программой. В последние годы компании смогли создать эффективную и действенную интеллектуальную среду систем автоматизированного проектирования, внедрив искусственный интеллект в свои системы. Включение искусственного интеллекта в систему САПР значительно сократит время выполнения заказа и создаст среду проектирования, основанную на знаниях. Для производства и устойчивого развития в настоящее время большим спросом пользуется интеграция «искусственный интеллект» с различными технологиями [4].

Необходимость интеграции искусственного интеллекта в проектирование была осознана на ранних этапах процесса разработки системы автоматизированного проектирования. Области исследований систем интеллектуального проектирования включают в себя небольшие системы интеллектуального проектирования, обширные системы интеллектуального проектирования (путем сопряжения), интеллектуальные вычисления и анализ, а также интеллектуальный графический интерфейс. Интеллектуальный графический интерфейс оснащает существующие CAD-системы множеством инструментов, которые могут повысить точность и точность проектов, тем самым повышая производительность и качество работы [6]. Тем не менее, создание системы интеллектуального проектирования до сих пор остается актуальным исследованием. В 2020 году разработали метод создания различных концепций моделей систем автоматизированного проектирования, основанный на сочетании функционального моделирования и САПР. В этом методе используется недавно предложенная объектная модель функций и геометрии, чтобы связать концепцию дизайна продукта с автоматизацией проектирования. Согласно их отчету, цель

состоит в том, чтобы помочь разработчикам продуктов изучить большую часть пространства дизайна на ранних этапах разработки продукта, принимая во внимание геометрическую область и функциональную область. В 2018 году расширили модель систем автоматизированного проектирования, включив в нее атрибуты и поведение продукта, чтобы использовать информацию, которая ранее была доступна в отдельных приложениях для цифрового двойника. Обнаружили семь различных методов использования CAD-моделей в качестве трансдисциплинарных носителей информации. Это были дополнительные характеристики, имя, параметры, аннотации, упакованные элементы, запрограммированные элементы и дополнительная геометрия. Продемонстрировали, как Парето-оптимальная (группа проектов, оптимальных для нескольких компромиссов, а не одна оптимальная конструкция) может использоваться для поиска компромиссов в производительности, автоматизированном проектировании и модели.

Компания Dassault Systemes, владелец программного обеспечения SolidWorks, является одной из ведущих компаний, интегрировавших искусственный интеллект в свой проектный продукт. Компания представила xDesign, который использует искусственный интеллект в качестве инструмента для рисования и выдавливания в инженерных работах. В SolidWorks xDesign операторы могут мгновенно развертывать различные решения своих задач проектирования посредством совместной работы в облаке, создаваемой инструментом искусственного интеллекта. Сначала оператор создает модель и определяет ограничения. После этого SolidWorks xDesign мгновенно сгенерирует деталь с помощью искусственного интеллекта, интегрированного в его систему, на основе ограничений, определенных пользователем.

Netvibes One Part — еще одно программное обеспечение для проектирования на основе искусственного интеллекта, представленное компанией Dassault Systemes. Этот инструмент представляет собой интуитивно понятное приложение для повторного использования уже существующих деталей с целью экономии времени. В Netvibes One Part операторы могут получать связанные 2D и 3D детали всего за несколько кликов.

Искусственный интеллект Denoiser — это инструмент искусственного интеллекта, созданный Nvidia, использующий искусственный интеллект и машинное обучение для предоставления пользователям мгновенной интерактивной обратной связи для принятия более эффективных решений [3]. Он использует

искусственный интеллект с ускорением графического процессора для создания визуально бесшумного изображения на сверхвысокой скорости. На данный момент Denoiser — это самый быстрый и простой инструмент визуального рендеринга изображений, существующий на сегодняшний день.

Генеративный дизайн — еще один пользователь искусственного интеллекта, разработанный Autodesk. Генеративный дизайн поднимет искусственный интеллект и превратит утомительные процессы проектирования в сложные. Этот метод реализуется путем случайного изменения параметров в пределах уже определенной границы для создания набора уникальных проектов на основе встроенной параметрической системы автоматизированного проектирования.

С появлением систем автоматизированного проектирования стало возможным увидеть изделие в трех измерениях еще до его изготовления. В настоящее время модели системы автоматизированного проектирования используются помимо 3D-моделирования. Моделирование эффектов и планирование работ осуществляется с помощью систем автоматизированного проектирования. Кинематическая взаимосвязь, помогающая проверить функциональность и избежать столкновений, может быть выполнена в программном обеспечении САПР. Однако по-прежнему существует пробел, заключающийся в том, что приложения САПР не обеспечивают визуализацию и интерактивное моделирование, например, наблюдаемое в расширенных реальностях (виртуальная реальность, дополненная реальность и смешанная реальность). В реальном мире существует множество сложных проектов, которые требуют детальной концептуализации, прежде чем их реализовать. Трудно имитировать реальный трехмерный мир с помощью традиционных технологий САПР. Однако в технологии расширенной реальности модель, созданная в программном обеспечении САПР, загружается на платформы виртуальной реальности, дополненной реальности и смешанной реальности для моделирования и детальной концептуализации.

Технология виртуальной реальности — это тип виртуального моделирования, который использует компьютерное моделирование для создания и опыта виртуального мира реальной системы. Пользователи технологии виртуальной реальности полностью погружаются в окружающую среду во время моделирования. Двумя типичными характеристиками виртуальной реальности являются погружение и взаимодействие. В настоящее время виртуальное моделирование модернизируется, чтобы использовать различные датчики

(распознавание глаз, голоса, жестов и мозговых волн) и взаимодействие с многомерной информационной средой в сочетании с взаимодействием в реальном мире. Приложения для моделирования виртуальной реальности также распространились от классного обучения до военной подготовки. 3D-модель робота-манипулятора сначала создается с помощью систем автоматизированного проектирования SolidWorks, а затем все движения системы программируется и контролируется с помощью программирования программируемых логических контроллеров.

Проблема оптимизации систем автоматизированного проектирования для виртуальной реальности заключается в том, что кинематические связи, созданные в программах систем автоматизированного проектирования, не будут доступны после импорта на платформы виртуальной реальности.

Применение систем автоматизированного проектирования в 3D-печати: интеграция проектирования и производства. Одним из практических применений САПР является технология 3D-печати. В технологии 3D-печати модель 3D-объекта сначала должна быть создана в соответствующем размере и размерах, а затем сохранена в виде файла систем автоматизированного проектирования с помощью программного обеспечения САПР. Файл САПР содержит инструкции или правила, регулирующие работу 3D-принтеров. Он определяет, сколько материала необходимо внести и где его следует разместить. Сохраненный файл САПР передается на 3D-принтер для обработки. Технология 3D-печати производит детали или объекты путем добавления слоя за слоем на основе параметров файла CAD. Его еще называют аддитивным производством. В отличие от субтрактивных производственных систем, он не требует сложных настроек, охлаждающих жидкостей или других дополнительных вещей. Это очень экономически выгодно и эффективно, особенно для отдельных деталей и небольших партий [5]. С его помощью можно создавать сложные объекты, которые очень сложно изготовить с помощью традиционной системы обработки. Использование систем автоматизированного проектирования для трехмерного проектирования и моделирования изделий неизбежно во всех сценариях технологии 3D-печати.

Сегодня существует множество приложений для 3D-печати, которые используют гибкость, обеспечиваемую инструментами систем автоматизированного проектирования, для создания любого типа дизайна или 3D-модели.

Технология 3D-печати используется для производства микро, нано размерных

деталей на основе заранее разработанной модели систем автоматизированного проектирования. Технологии 3D-печати, которые могут производиться в микро, нано масштабе, включают в себя две реакции фото полимеризации, прямое письмо чернилами, электрогидродинамическая печать и проекционная микростереолитография. На сегодняшний день с использованием этих методов были достигнуты многочисленные преимущества в производстве метаматериалов, биосенсоров и лабораторных чипов.

В аэрокосмической промышленности широко используются технологии 3D-печати. Превосходные детали можно оптимизировать с помощью инструментов систем автоматизированного проектирования и быстро распечатать на 3D-принтере. В настоящее время сломанные детали аэрокосмической отрасли также ремонтируются с помощью технологий 3D-печати.

Подобно аэрокосмической промышленности, автомобильная промышленность требует высококачественных, недорогих специализированных компонентов, для которых необходимо моделирование систем автоматизированного проектирования и быстрое прототипирование. Модель, разработанную в программном обеспечении САПР, можно быстро распечатать на 3D-принтере в автомобильной промышленности. В 2014 году с использованием технологии 3D-печати был изготовлен первый электромобиль под названием «Strati».

В начале система автоматизированного проектирования использовалась только для рисования, а не для производства продукции. Это замедлило развитие системы в области машиностроения в целом и в сфере производства в частности. Однако, увидев повышение качества и производительности применения САПР, такие отрасли, как аэрокосмическая промышленность, усердно работали над его развитием. Со временем технологическое и экономическое давление привело к изменению структуры отраслей. В настоящее время этап проектирования стал наиболее важной частью производства, поскольку от него зависит качество, стоимость и общая рентабельность. Прорыв происходит с развитием вычислительной системы, визуальные дисплеи, мониторинг процессов управления, системы онлайн-бронирования в реальном времени, как в авиакомпаниях, огромные банки данных и датчики в промышленности. Параллельные разработки в области графического программного обеспечения также способствовали необходимости использования системы САПР посредством создания интерактивных рабочих станций.

Библиографический список

1. Берлинер Э. М. САПР технолога машиностроителя. Учебник / Э.М. Берлинер, О.В. Таратынов. – М.: Инфра-М, Форум, 2015. – 336 с. – Текст: непосредственный.
2. Гаврилов, С. Методы анализа логических корреляций для САПР цифровых КМОП СБИС / С. Гаврилов. - М.: Техносфера, 2011. - 136 с. – Текст: непосредственный.
3. Гольдберг О. Д. Инженерное проектирование и САПР электрических машин / О.Д. Гольдберг, И.С. Свириденко. - М.: Academia, 2008. - 560 с. – Текст: непосредственный.
4. Горбатов В. А. САПР систем логического управления / В.А. Горбатов, А.В. Крылов, Н.В. Федоров. - Москва: Высшая школа, 1988. - 232 с. – Текст: непосредственный.
5. Доклад о состоянии окружающей среды города Саратова в 2003 году / Ком.охраны окружающей среды и природ. ресурсов г. Саратова ; гл. ред. В. Н. Еремин. – Саратов: Водолей-94, 2004. – 207 с.
6. Грувер М. САПР и автоматизация производства / М. Грувер, Э. Зиммерс. - Москва: Наука, 1987. - 528 с. – Текст: непосредственный.
7. Дементьев Ю. В. САПР в автомобиле- и тракторостроении / Ю.В. Дементьев, Ю.С. Щетинин. - М.: Академия, 2004. - 224 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Berliner E. M., Taratynov O.V. SAPR tehnologa mashinostroitelja. Uchebnik [CAD for mechanical engineering technologist. Textbook]. Moscow, Infra-M, Forum Publ., 2015, 336 p. (In Russian)
2. Gavrilov S. Metody analiza logicheskih korreljacij dlja SAPR cifrovyh KMOP SBIS [Methods for analyzing logical correlations for CAD digital CMOS VLSI]. Moscow, Tekhnosphere Publ., 2011, 136 p. (In Russian)
3. Goldberg O.D., Sviridenko I.S. Inzhenernoe proektirovanie i SAPR jelektricheskih mashin [Engineering design and CAD of electrical machines]. Moscow, Academia Publ., 2008, 560 p. (In Russian)
4. Gorbatov V.A., Krylov A.V., Fedorov N.V. SAPR sistem logicheskogo upravlenija [CAD systems of logical control]. Moscow, Higher School Publ., 1988, 232 p. (In Russian)
5. Ed. by Yeremin V.N. Doklad o sostojanii okruzhajushhej sredy goroda Saratova v 2003 godu/ Kom.ohrany okruzhajushhej sredy i prirod. resursov g. Saratova ; gl. red. V. N. Eremin [Report on the state of the environment of the city of Saratov in 2003 / Committee for protection of the environment and nature. resources of

Saratov]. Saratov, Aquarius-94 Publ., 2004, 207 p. (In Russian)

6. Gruver M., Zimmers E. SAPR i avtomatizacija proizvodstva [CAD and production automation]. Moscow, Nauka Publ., 1987, 528 p. (In Russian)
7. Dementyev Yu. V., Shetinin Yu.S. SAPR v avtomobile- i traktorostroenii [CAD in automobile and tractor manufacturing]. Moscow, Academy Publ., 2004, 224 p. (In Russian)

Конгар-оол Валерия Вячеславовна, старший преподаватель кафедры транспортно-технологических средств, ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет», г. Кызыл, Россия, эл.почта: ondar4645@mail.ru

Балзанай Сылдыс Васильевич, старший преподаватель кафедры транспортно-технологических средств, ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет», г. Кызыл, Россия, эл.почта: b.syldys@yandex.ru

Valeriya Vyacheslavovna Kongar-ool, Senior Lecturer, Tuvan State University, Kyzyl, Russia e-mail: ondar4645@mail.ru

Syldys Vasilievich Balzanai, Senior Lecturer, Tuvan State University, Kyzyl, e-mail: b.syldys@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 8.11.2023

УДК 681.537

doi 10.24411/2221-0458-2023-39-47

ESC РЕГУЛЯТОРЫ ОБОРОТОВ: ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ БЕСКОЛЛЕКТОРНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Иванов М.В., Зайцев В.Е., Галиев Р.Д., Хакимьянов А.Р.

Научный руководитель Уразбахтин Р.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

ESC SPEED REGULATORS: AN EFFECTIVE WAY TO CONTROL BRUSHLESS UAV ENGINES

M.V. Ivanov, V.E. Zaitsev, R.D. Galiev, A.R. Khakimyanov

Scientific supervisor Urazbakhtin R.R.

Ufa University of Science and Technology, Ufa

Статья посвящена исследованию и практическому применению ESC регуляторов в беспилотных летательных аппаратах (БПЛА) с бесколлекторными двигателями. ESC регуляторы обеспечивают стабильное управление скоростью вращения двигателя и повышают эффективность работы БПЛА. В статье рассмотрены основные принципы работы ESC регуляторов, а также преимущества их применения в БПЛА. Также отмечается, что применение ESC регуляторов является эффективным способом управления бесколлекторными двигателями БПЛА, что повышает их эффективность и точность управления.

Ключевые слова: ESC регуляторы оборотов; бесколлекторные двигатели; БПЛА; эффективность; управление; регулирование скорости вращения; энергопотребление; стабилизация полета; регулятор напряжения; применение; квадрокоптер; обороты; производительность; управление

The article is devoted to the research and practical application of ESC regulators in unmanned aerial vehicles (UAVs) with brushless motors. ESC regulators provide stable control of motor rotation speed and increase the efficiency of UAV operation. The article discusses the main principles of operation of ESC regulators, as well as the advantages of their use in UAVs. It is also noted that the use of ESC regulators is an effective way to control brushless motors of UAVs, which increases their efficiency and control accuracy.

Keywords: ESC regulators; brushless motors; UAVs; efficiency; control; rotation speed regulation; power consumption; flight stabilization; voltage regulator; application; quadcopter; rotation speed; performance; management

Введение

В последние годы беспилотные летательные аппараты (БПЛА) стали широко распространенным средством для выполнения различных задач. Одним из наиболее важных элементов БПЛА является двигатель, который обеспечивает подъем и передвижение в воздухе. Бесколлекторные двигатели (BLDC) представляют собой одну из наиболее эффективных технологий для БПЛА, поскольку они обеспечивают высокую мощность и скорость, а также имеют более длительный срок службы, чем коллекторные двигатели. Однако эффективное управление скоростью бесколлекторных двигателей БПЛА представляет собой сложную задачу, которую можно решить с помощью электронных регуляторов скорости (ESC).

Цель данной статьи - рассмотреть работу ESC регуляторов оборотов бесколлекторных двигателей БПЛА и их эффективность в управлении скоростью и полетом БПЛА. Статья описывает принципы работы электронных регуляторов скорости, их типы и функции, а также преимущества использования ESC регуляторов в БПЛА. Данная статья будет полезна для специалистов в области беспилотных летательных аппаратов, а также для тех, кто интересуется новыми технологиями в области беспилотной авиации [1].

Бесколлекторные двигатели БПЛА

Бесколлекторные двигатели (BLDC) являются одним из самых эффективных способов обеспечения мощности и скорости БПЛА. Они используются в качестве привода многих систем, включая летательные аппараты, мультироторные дроны и квадрокоптеры.

Преимущества бесколлекторных двигателей заключаются в их высокой мощности и скорости, более длительном сроке службы и уменьшении трения и износа благодаря отсутствию щеток. Более того, бесколлекторные двигатели могут работать в широком диапазоне скоростей и не нуждаются в механических устройствах для изменения скорости вращения.

Эффективное управление скоростью бесколлекторных двигателей представляет собой сложную задачу, которая может быть решена с помощью электронных регуляторов скорости. ESC регуляторы обеспечивают плавное изменение скорости вращения BLDC двигателей путем регулирования электрического тока,

поступающего в них. Это позволяет управлять мощностью и скоростью БПЛА.

Бесколлекторные двигатели являются важным компонентом БПЛА, обеспечивая мощность и скорость в полете. Использование электронных регуляторов скорости ESC позволяет эффективно управлять скоростью бесколлекторных двигателей, повышает эффективность работы и продлевает срок службы двигателей [2], [3].

Регуляторы оборотов для БПЛА

ESC (Electronic Speed Control) регуляторы оборотов являются устройствами, которые управляют оборотами бесколлекторных двигателей БПЛА.

ESC регулятор получает сигналы от полетного контроллера (flight controller) через кабель сигнального канала. Эти сигналы передаются в виде импульсов ШИМ(PWM), которые определяют скорость вращения каждого из электродвигателей.

Сигналы, выдаваемые ESC на электродвигатели, являются импульсами переменной частоты. Частота импульсов определяет скорость вращения электродвигателя, а ширина импульса контролирует мощность, подаваемую на электродвигатель. Благодаря этому, пилот может точно контролировать скорость и мощность двигателей, что обеспечивает плавный и стабильный полет.

ESC регуляторы могут также выдавать сигналы обратной связи, такие как данные о температуре электродвигателей или уровне заряда аккумулятора. Эти данные могут быть использованы для дополнительной настройки полетного контроллера или отображения информации на экране пульта управления БПЛА [4], [8].

Существует несколько типов ESC регуляторов, в том числе с двумяи тремя проводами, а также с возможностью программирования. Бывают случаи, когда в регуляторе оборотов ESC всего два провода, это может означать, что он не имеет функции обратной связи (feedback), что типично для более дешевых моделей. В этом случае, для управления скоростью вращения двигателя используется простой принцип изменения скорости электронного сигнала, который поступает на двигатель через два провода. Однако, важно учитывать, что отсутствие обратной связи может привести к нестабильной работе двигателя.Такие регуляторы оборотов могут быть использованы в простых моделях БПЛА, которые не имеют сложных требований по точности управления двигателем и могут обеспечивать базовую функциональность управления скоростью вращения двигателя через два провода [5], [7].

В зависимости от задачи, можно выбрать наиболее подходящий тип ESC

регулятра. Среди наиболее распространенных типов ESC регуляторов можно выделить следующие:

1. Простые ESC регуляторы: это наименее сложный и наиболее доступный тип регуляторов оборотов. Они имеют два провода для подключения к электродвигателю и два провода для подключения к источнику питания. Они предназначены для управления маленькими бесколлекторными электродвигателями.

2. ESC регуляторы с обратной связью: эти регуляторы используются в более сложных БПЛА и имеют возможность отслеживать скорость вращения двигателя и корректировать ее, чтобы поддерживать заданную скорость. Это позволяет управлять более точно и эффективно, что особенно важно для выполнения сложных маневров.

3. ESC регуляторы с функцией автономного полета: это самые продвинутые ESC регуляторы, которые используются в БПЛА с функцией автономного полета. Они не только управляют скоростью двигателя, но и позволяют БПЛА оставаться на курсе и высоте, используя различные датчики и алгоритмы.

ESC регуляторы для бесколлекторных двигателей БПЛА обладают множеством функциональных возможностей, которые позволяют настраивать работу двигателей и обеспечивать их более эффективное управление. Основные функции ESC регуляторов:

1. Регулирование оборотов: ESC регуляторы позволяют настраивать скорость вращения бесколлекторных двигателей путем изменения скорости поступления электрического тока.

2. Программируемость: Некоторые ESC регуляторы имеют возможность программирования, что позволяет настраивать параметры работы двигателей, такие как максимальная скорость, ускорение и торможение.

3. Защита от перегрева: ESC регуляторы обычно оснащены термическими датчиками, которые могут детектировать перегрев двигателя и автоматически останавливать его работу, чтобы предотвратить повреждение.

4. Защита от перегрузки: ESC регуляторы также могут обнаруживать перегрузку двигателя и прерывать поставку электроэнергии для предотвращения повреждения.

5. Работа с различными типами батарей: ESC регуляторы могут работать с различными типами батарей, включая литиевые полимерные (LiPo), никель-кадмиевые (NiCad) и никель-металл-гидридные (NiMH).

6. Работа с различными типами сигналов: ESC регуляторы могут работать с различными типами сигналов, такими как аналоговые и цифровые, что позволяет

легко интегрировать их с различными устройствами управления.

7. Режимы работы: ESC регуляторы могут иметь несколько режимов работы, включая "режим полета" для управления скоростью во время полета, "режим ручного управления" для управления скоростью на земле, а также "режим плавного пуска" для более плавного ускорения и торможения.

8. Встроенные системы стабилизации: Некоторые ESC регуляторы могут иметь встроенные системы стабилизации, которые помогают поддерживать стабильность полета и улучшают управляемость БПЛА [2], [6].

Типы регуляторов напряжения используемые в ESC

BEC (Battery Eliminator Circuit) и UBEC (Universal Battery Eliminator Circuit) — это два разных типа регуляторов напряжения, которые используются в ESC (Electronic Speed Controller) регуляторах оборотов бесколлекторных двигателей в БПЛА.

BEC является частью ESC регулятора и отвечает за питание приемника и сервоприводов без использования отдельного аккумулятора. BEC преобразует напряжение аккумулятора в напряжение, необходимое для питания электроники модели.

Регулятор напряжения типа UBEC, с другой стороны, является отдельным устройством, которое устанавливается отдельно от ESC и обеспечивает стабильное напряжение для приемника и сервоприводов.

Основное отличие между BEC и UBEC заключается в том, что UBEC предоставляет более стабильное и высокое напряжение, чем BEC. Также UBEC может обеспечивать питание для более широкого диапазона напряжений аккумуляторов, в то время как BEC может иметь ограничения в этом плане.

Другое отличие заключается в том, что UBEC может иметь более продвинутые функции, такие как защита от перегрева и короткого замыкания, что повышает безопасность и надежность системы питания.

UBEC имеет более высокую эффективность и функциональность по сравнению с BEC, но также имеет более высокую стоимость. В то же время, BEC более прост в использовании и подходит для небольших и менее требовательных моделей [5], [7].

Требования к ESC регуляторам для БПЛА

ESC отвечают за управление скоростью вращения бесколлекторных двигателей и, следовательно, за управление полетом БПЛА. В связи с этим, требования к ESC регуляторам для БПЛА высоки и многообразны.

Требования к ESC регуляторам:

1. Обеспечивать стабильность скорости вращения двигателей и минимизировать их дрейф. Это особенно важно для БПЛА, работающих в условиях переменных атмосферных условий или при выполнении сложных маневров.

2. Быть легкими и компактными, чтобы не увеличивать массу и габариты БПЛА.

3. Иметь высокую эффективность, чтобы минимизировать потребление энергии и увеличить длительность полета.

4. Иметь защиту от перегрева и коротких замыканий. Это поможет предотвратить возможные аварии, связанные с поломкой регуляторов.

5. Быть совместимы с различными типами бесколлекторных двигателей, которые могут использоваться в БПЛА разных классов.

6. Иметь возможность программирования, чтобы адаптироваться к специфическим требованиям конкретных задач. Это позволяет настраивать регуляторы для определенного полетного режима или задачи, а также выполнять диагностику и настройку на месте [6].

Практическое применение ESC регуляторов в БПЛА

Одним из наиболее распространенных типов БПЛА, использующих ESC регуляторы, являются квадрокоптеры. ESC регуляторы контролируют обороты четырех бесколлекторных двигателей и обеспечивают стабильность и управляемость БПЛА. Квадрокоптеры используются для множества задач: аэрофотосъемка, видеосъемка, мониторинг и разведка, а также для различных научных исследований. ESC регуляторы позволяют БПЛА максимально эффективно использовать доступную тяговую мощность двигателя, обеспечивая лучшую управляемость и стабильность полета.

ESC регуляторы также широко применяются в научных исследованиях. БПЛА с ESC регуляторами используются для мониторинга и исследования различных объектов, таких как лесные массивы, земные участки, здания и мосты. ESC регуляторы позволяют БПЛА летать на заданной высоте и контролировать скорость и направление полета, что делает их ценным инструментом для научных исследований [4], [8].

Заключение

В заключении можно отметить, что ESC регуляторы являются эффективным способом управления бесколлекторными двигателями БПЛА. Они обеспечивают точное управление оборотами двигателя и повышают производительность БПЛА. Различные типы ESC регуляторов имеют различные функциональные возможности, которые позволяют управлять двигателем в различных условиях полета. Однако, для правильного выбора ESC регулятора для

конкретного БПЛА необходимо учитывать ряд требований, таких как мощность, вес, размеры и т.д.

Практическое применение ESC регуляторов в БПЛА находит широкое применение в современных реалиях. Они обеспечивают стабильность полета, а также эффективное управление скоростью и мощностью электродвигателей.

Использование ESC регуляторов является неотъемлемой частью современных беспилотных систем, обеспечивая точное управление двигателем и повышение производительности БПЛА. В связи с быстрым развитием технологий беспилотных систем, ESC регуляторы продолжают улучшаться и развиваться, что делает их еще более востребованными для использования в будущих проектах.

Библиографический список

1. Трофимов В.А. Современные системы управления беспилотными летательными аппаратами / В.А. Трофимов, А.А. Гусев, В.В. Сорокин // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2017. – С. 546-551.
2. Штаев Д.В. Анализ технологии управления беспилотными летательными аппаратами / Д.В. Штаев. – Текст: электронный // Территория новых возможностей. – 2019. – №2. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-tehnologii-upravleniya-bespilotnymi-letatelnymi-apparatami (дата обращения: 07.03.2023).
3. Уразбахтин Р.Р. Двигатели для беспилотных летательных аппаратов / Р.Р. Уразбахтин. – Текст: электронный // МНИЖ. – 2017. – №2-3 (56). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/dvigateli-dlya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov (дата обращения: 07.03.2023).
4. Орехов С. Ю. Исследование применения беспилотных летательных аппаратов и их основных элементов / С.Ю. Орехов, А.В. Бородулин, М.А. Гайгеров. – Текст: электронный // StudNet. – 2022. – №6. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-primeneniya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-i-ih-osnovnyh-elementov (дата обращения: 07.03.2023).
5. Регулятор оборотов двигателя квадрокоптера // Avtika: [сайт]. – URL: https://avtika.ru/regulyator-oborotov-dvigatelya-kvadrokoptera/ (дата обращения: 07.03.2023).
6. Как выбрать регулятор скорости для гоночного квадрокоптера // RCDetails Blog: [сайт]. – URL: https://rcdetails.info/kak-vybrat-regulyator-hoda-dlya-gonochnogo-kvadrokoptera/ (дата обращения: 07.03.2023).

7. Все про регуляторы оборотов // Радиокоптер.ру: [сайт]. – URL: https://usbravo.ru/vse-pro-regulyatory-oborotov/ (дата обращения: 20.03.2023).
8. ESC регуляторы оборотов // Kopter info URL: https://kopterinfo.ru/esc-regulyatory-oborotov-chto-eto-kak-oni-rabotayut-i-kak-vybrat/ (дата обращения: 20.03.2023).

References

1. Trofimov, V.A., Gusev, A.A., Sorokin, V.V. Modern control systems for unmanned aerial vehicles. Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2017, pp. 546-551. (In Russian)
2. Shtaev Denis Viktorovich Analysis of the technology of control of unmanned aerial vehicles. The territory of new opportunities [online]. 2019. No.2. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-tehnologii-upravleniya-bespilotnymi-letatelnymi-apparatami (access date: 07.03.2023). (In Russian)
3. Urazbakhtin R.R. Engines for unmanned aerial vehicles. International Scientific Research Journal, 2017, no.2-3 (56). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/dvigateli-dlya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov (access date: 07.03.2023). (In Russian)
4. Orekhov S.Y., Borodulin A.V., Gaigerov M. A. Research of the use of unmanned aerial vehicles and their main elements. Student [online], 2022, no. 6. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-primeneniya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-i-ih-osnovnyh-elementov (access date: 07.03.2023). (In Russian)
5. The engine speed controller of the quadcopter. Avtika [online]. Available at: https://avtika.ru/regulyator-oborotov-dvigatelya-kvadrokoptera (access date: 07.03.2023). (In Russian)
6. How to choose a speed controller for a racing quadcopter. RCDetails Blog [online]. Available at: https://rcdetails.info/kak-vybrat-regulyator-hoda-dlya-gonochnogo-kvadrokoptera / (access date: 07.03.2023). (In Russian)
7. All about speed regulators // Power and voltage URL: https://usbravo.ru/vse-pro-regulyatory-oborotov / (accessed: 03/20/2023). (In Russian)
8. ESC speed regulators // Radiocopter.ru [online]. Available at: https://kopterinfo.ru/esc-regulyatory-oborotov-chto-eto-kak-oni-rabotayut-i-kak-vybrat / (access date: 03/20/2023). (In Russian)

Иванов Михаил Валерьевич, студент кафедры электромеханики, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, Россия, эл. адрес: r.miv@bk.ru

Зайцев Вадим Евгеньевич, студент кафедры электромеханики, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, Россия, эл. адрес: vadim.zaitzew2014@yandex.ru

Галиев Рамиль Дамирович, студент кафедры электромеханики, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, Россия, эл. адрес: ramagaliev@yandex.ru

Хакимьянов Артур Радилович, магистрант кафедры электромеханики, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, Россия, эл. адрес: arturh99@mail.ru

Mikhail Valerievich Ivanov, Student, Department of Electromechanics, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia, e-mail: r.miv@bk.ru

Ramil Damirovich Galiev, Student, Department of Electromechanics, Ufa State University of Science and Technology, Ufa, Russia, e-mail: ramagaliev@yandex.ru

Vadim Evgenievich Zaitsev, Student, Department of Electromechanics, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia, e-mail: vadim.zaitzew2014@yandex.ru

Artur Radikovich Khakimyanov, Master student, Department of Electromechanics, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia, e-mail: arturh99@mail.ru

Дата поступления статьи в редакцию 20.04.2023

УДК 622.6

doi 10.24411/2221-0458-2023-48-54

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ГИДРОЗАХВАТНОГО МОЛОТА

Саая С-С.Ш.[1], Анушенков А.Н.[2], Кирсанов А.К.[2]

[1]Тувинский государственный университет, г. Кызыл

[2]Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

RESEARCH OF THE DYNAMICS OF HYDRAULIC GRABING HAMMER

S-S.Sh. Saaya [1], A.N. Anushenkov [2], A.K. Kirsanov [2]

[1]Tuvan State University, Kyzyl

[2] Siberian Federal University, Krasnoyarsk

В статье описана конструкция гидрозахватного молота и рассмотрен принцип его работы. В ходе проведения эксперимента определены параметры молота и эффективность разрушения мерзлого грунта. Анализ сил, действующих в кривошипно-шатунном узле ударного механизма, полностью подтверждает выводы по экспериментальным исследованиям молота и показывает, что высокая частота ударов улучшает работу молота. Проведенный эксперимент показывает, что на величину энергии единичного удара оказывает влияние ход бойка, зависящий не только от кинематических параметров молота, но и от скорости перемещения гидрозахвата и давления жидкости в рабочей камере.

Ключевые слова: гидрозахват; молот; бойка; гидравлика; мерзлый грунт; разработка; конструкция; мощность; динамика

This article describes the design of a hydraulic gripping hammer and the principle of its operation. An experiment was conducted to determine the parameters of the hammer and the efficiency of destruction of frozen soil. The analysis of the forces acting in the crank assembly of the impact mechanism fully confirms the conclusions from experimental studies of the hammer and shows that a high frequency of impacts improves the performance of the hammer. The experiment shows that at its value is influenced by the stroke of the striker, which depends not only on the kinematic parameters of the hammer, but also on the speed of movement of the hydraulic gripper and the fluid pressure in the working chamber.

Key words: hydraulic gripper; hammer; striker; hydraulics; frozen soil; development; design; power; dynamics

Конструкция гидрозахватного молота, разработанная ООО СТРОЙДОРМАШ, нашла применение при создании рыхлителей активного действия и сменного оборудования к погрузочно-доставочным машинам для разработки мерзлых грунтов. Принцип работы молота изложен в работе [1]. Одним из основных параметров молота, определяющих эффективность разрушения мерзлого грунта, является энергия единичною удара. На ее величину оказывает влияние ход бойка, зависящий не только от кинематических параметров молота, но и от скорости перемещения гидрозахвата и давления жидкости в рабочей камере. Полный ход бойка в соответствии со схемой работы молота (рисунок 1) определяется выражением

$$H_б = H_1 + H_2 - \tau, \quad (1)$$

где H_1- ход бойка от нижней мертвой точки до сообщения его каналов с рабочей камерой;

H_2 - ход бойка до отрыва его от гидрозахвата;

τ - смещение бойка относительно гидрозахвата.

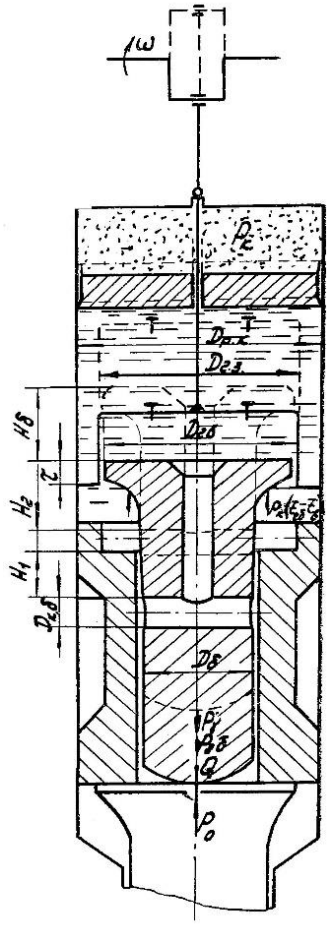

Рисунок 1 – Схема работы гидрозахватного молота

В формуле (1) величина H_1 задаётся конструктивно, а H_2 является переменной и зависит при прочих равных условиях от частоты вращения приводного вала. В процессе взвода бойка происходит смещение его относительно гидрозахвата вследствие перетечек жидкости при закрытии обратного клапана и в зазоры между головкой бойка и гидрозахватом, то есть $\tau = \tau_1 + \tau_2$. Смещение бойка будет тем больше, чем выше скорость его совместного движения с гидрозахватом и давление жидкости в рабочей камере. Зависимость хода бойка от давления жидкости в рабочей камере при разных частотах вращения установлена экспериментально (рисунок 2, а). Из рисунка видно, что при 400 мин$^{-1}$ приводного вала ход бойка снижается с увеличением давления жидкости в рабочей камере и при давлениях выше 13 кгс/см^2 становится меньше хода, необходимого для соединения каналов с рабочей камерой. Это объясняется значительными перетечками жидкости в камеру захвата. В этом случае для достижения полного хода бойка необходимо увеличить глубину захвата, для чего в конструкции молота предусмотрены регулировочные полукольца. По мере увеличения частоты вращения влияние перетечек, и, следовательно, величина смещения бойка снижается, и, соответственно, увеличивается его ход до отрыва от гидрозахвата.

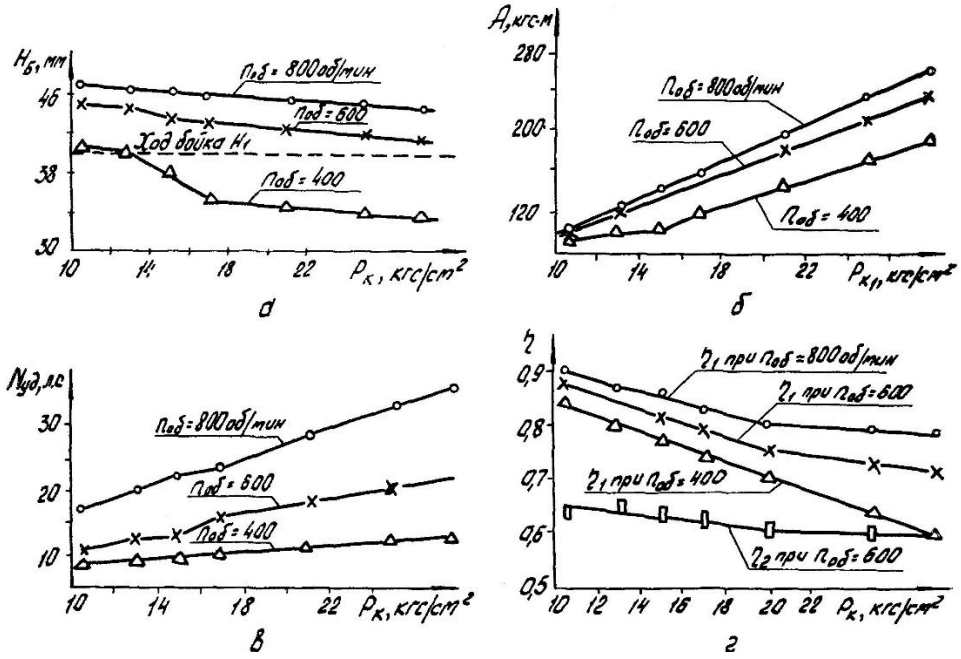

Рисунок 2 - Зависимость хода бойка (а), энергии удара (Б), ударной мощности (в) и КПД гидрозахватного молота (г) от давления жидкости в рабочей камере

При частоте вращения более 500 мин$^{-1}$ полный ход бойка становится больше Hiи кривая Hs = f(Рк) выравнивается. Устойчивая работа в диапазоне частот от 500 до 900 уд/мин, где практически сохраняется прямо пропорциональная зависимость между энергией единичного удара и давлением жидкости в рабочей камере (рисунок 2, б). Анализ экспериментальных зависимостей показал, что на полный ход бойка в основном влияет смещение его за счет перетечек жидкости в зазоры.

Важной характеристикой гидро-захватного молота является коэффициент полезного действия η. Его величина определяется отношением мощности привода молота к ударной мощности, реализуемой бойком. Характер изменения ударной мощности от давления жидкости показан на рисунке 2, в. [5,4]

Экспериментальными исследо-ваниями установлено, что с увеличением давления жидкости в рабочей камере КПД молота снижается, и тем больше, чем больше частота ударов (рисунок 2, г). На этом же рисунке показано изменение коэффициента полезного действия молота с учетом потерь на соударение бойка с инструментом в зависимости от Р при 600 мин$^{-1}$. Исследования утвердили высокую эффективность гидрозахватного молота, коэффициент полезного действия которого колеблется от 0,6 до 0,8.

С целью уточнения режима работы системы привода, проведены исследования характера изменения сил, действующих в кривошипно-шатунном механизме молота, выполненные на основе методики расчета параметров гидрозахватного молота [2, 3].

На рисунке. 3, а, б показаны зависимости сил давления, инерции, гидродинамического сопротивления и крутящего моментаот угла поворота кривошипа α в холостом и рабочем режимах работы молота. В качестве исходных данных для расчета приняты частота вращения вала $n_{об}$= 400 мин$^{-1}$, начальное давление газа в компенсаторе $Р_{ок}$ - 10 кгс/см^2, объём компенсатора V_K= 14500 см^3; радиус кривошипа r = 30 мм; длина шатуна l = 195 мм; масса гидрозахватам$_{гз}$ = 6,73 кг, масса бойка $m_б$= 9,8 кг: гидравлическое масло в системе — трансформаторное. Нулевая отметка оси абсцисс соответствует положению гидрозахвата в нижней мертвой точке.

В процессе холостой прокрутки молота силы давления оказывают сопротивление перемещению гидрозахвата вниз и ускоряют его при ходе вверх. Этим объясняется знакопеременный характер изменения крутящего момента, который создаёт значительную динамику привода и снижает его работоспособность.

Ударный режим работы молота способствует более плавному нагружению системы привода, так как обеспечивает постоянное сопротивление сил давления перемещению захвата за счет изменения активной площади. В этом случае молот работает более устойчиво, неравномерность нагрузки снижается и работоспособность гидроагрегатов системы привода повышается. Это условие соблюдается при сбросе бойка вблизи верхней мертвой точки. На рис. 3, б рассмотрен случай, когда боек сбрасывается при ходе его, равном 40 мм. В интервале угла поворота кривошипа от 120 до 180° суммарная нагрузка от сил давления и инерции вызывает ускоренное движение гидрозахвата вверх и изменение знака крутящего момента. При высоком давлении газа в компенсаторе это может привести к неравномерности угловых скоростей и давления в приводе молота. В общем виде неравномерность угловой скорости и давления в системе привода определяется отношением полной кинетической энергии механизма Е к избыточной, внутренней работе ΔЕ.

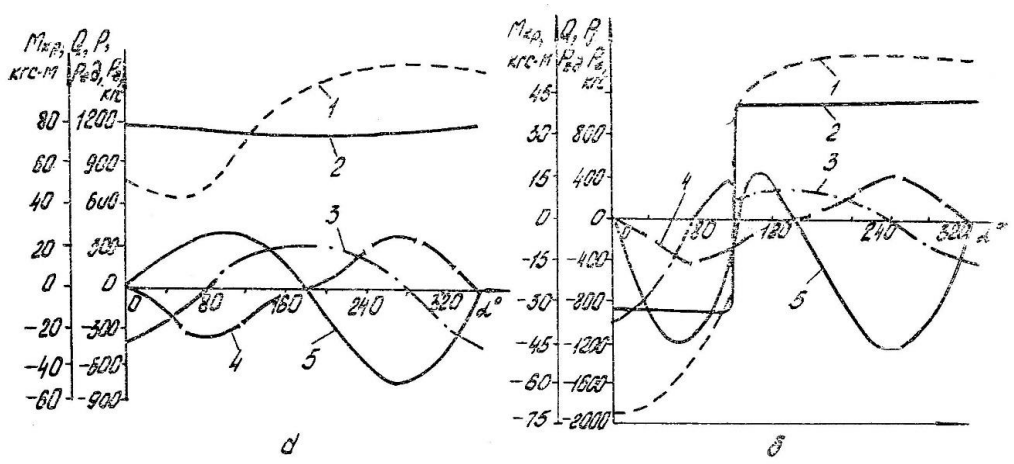

Рисунок 3 - Характер изменения действующих сил при холостом (а) и рабочем (б) режимах работы молота: 1 - суммарная сила; 2 - сила давления; 3 - сила инерции; 4 - сила гидродинамического сопротивления; 5 - крутящий момент

Величина полной энергии зависит от момента инерции и угловой скорости и рассчитывается по формуле:

$$E = I_{\text{пр}} \cdot \frac{\omega^2}{2} \qquad (2)$$

а избыточная энергия, кроме того — от сил давления жидкости в рабочей камере, действующих при движении гидрозахвата с бойком или без него. Величина ΔЕ. определяется выражением:

$$\Delta E. = 1_{\text{пр}} \cdot \omega^2 \cdot K_{\text{н}} \qquad (3)$$

где $К_н$ — коэффициент неравномерности угловой скорости. Наибольшее значение коэффициента неравномерности возможно при холостой работе молота, когда текущее давление газа в компенсаторе способствует ускорению гидрозахвата и создается возможность перехода двигателя в генераторный режим работы. Величину Кн рекомендуется выбирать в диапазоне 0,1—0,2 [3]. Тогда $E/\Delta E. = 1/2К_н = 2,5 — 5$. Это значение отношения $E/\Delta E$ необходимо учитывать при расчете системы привода, силовых и конструктивных параметров гидрозахватного молота.

Чтобы повысить равномерность нагрузки на приводе молота, целесообразно его работу осуществлять при небольших начальных давлениях, а высокую ударную мощность обеспечивать за счет частоты ударов, что, кроме того, повышает возможности варьирования основными параметрами молота без изменения глубины захвата. При этом высота взвода бойка будет близка полному ходу гидрозахвата, т.е. $Н_б$,= (0,8 — 0,9) S, что также улучшает условия работы системы привода гидрозахватного молота.

Проведенный анализ сил, действующих в кривошипно-шатунном узле ударного механизма, полностью подтверждает выводы по экспериментальным исследованиям молота и показывает, что высокая частота ударов улучшает работу молота.

Библиографический список

1. Федулов А. И. и др. Разработка мерзлых грунтов рыхлителями действия. Новосибирск, «Наука», 1977, 70 стр.
2. Козлов Л. П. Исследование машины ударного действия с гидроупругойсвязью. Автореферат канд. дис.. М., 1965, 20 стр.
3. Башта Т. М. Машиностроительная гидравлика. Справочное пособие М. «Машиностроение», 1971, 671 стр.
4. Саая, С-С. Ш. Исследование надежности нормативов и обновления нормативов погрузочно-доставочных машин. Текст : непосредственный // Вестник Тувинского государственного университета. №3 Технические и физико-математические науки. 2020. № 4 (70). С. 41.
5. Саая, С-С. Ш. Исследования зубьев ковша погрузочно-доставочных машин и их армирование. Текст : непосредственный // Вестник Тувинского государственного университета. №3 Технические и физико-математические науки. 2019. № 4 (54). С. 25- 30.

References

1. Fedulov A.I. et al. Razrabotka merzlyh gruntov ryhliteljami dejstvija [Development of frozen soils with action rippers]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1977, 70 p. (In Russian)

2. Kozlov L.P. Issledovanie mashiny udarnogo dejstvija s gidrouprugojsvjaz'ju. Avtoreferat kand. dis. [Study of an impact machine with hydroelastic coupling. Abstract of Ph.D. diss.]. Moscow, 1965, 20 p. (In Russian)
3. Bashta T. M. Mashinostroitel'naja gidravlika. Spravochnoe posobie [Mechanical engineering hydraulics. Reference manual]. Moscow, Mechanical Engineering Publ., 1971, 671 p. (In Russian)
4. Saaya S-S. Sh. Issledovanie nadezhnosti normativov i obnovlenija normativov pogruzochno-dostavochnyh mashin [Study of the reliability of standards and updating the standards of loading and delivery machines]. Vestnik of Tuvan State University. Iss. 3 Technical and physical and mathematical sciences, 2020, no. 4 (70), p. 41. (In Russian)
5. . Saaya S.S. Sh. Issledovanija zub'ev kovsha pogruzochno-dostavochnyh mashin i ih armirovanie [Research of bucket teeth of loading and hauling machines and their reinforcement]. Vestnik of Tuvan State University. Iss. 3 Technical and physical and mathematical sciences, 2019, no. 4 (54), p. 25-30. (In Russian)

Саая Сай-Суу Шолбановна, старший преподаватель кафедры «Транспортно-технологические средства», ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет», г. Кызыл, Россия, эл. почта: sai-suu2014@yandex.ru

Анушенков Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых», ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия, эл. почта: sai-suu2014@yandex.ru

Кирсанов Александр Константинович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Шахтное и подземное строительство» ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия, эл. почта: sai-suu2014@yandex.ru

Sai-Suu Sholbanovna Saaya, Senior Lecturer at the Department of Transport and Technological Means, Tuvan State University, Kyzyl, Russia, e-mail: sai-suu2014@yandex.ru

Alexander Nikolaevich Anushenkov, Doctor of Technical Sciences, Professor, head of the Department of Underground Mining of Mineral Deposits, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia, e-mail: sai-suu2014@yandex.ru

Alexander Konstantinovich Kirsanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Mining and Underground Construction, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia, e-mail: sai-suu2014@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 4.12.2023

УДК 628.21 (571.52)

doi 10.24411/2221-0458-2023-55-62

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ Г. КЫЗЫЛА

Майны Ш.Б.

Тувинский государственный университет, Кызыл

ANALYSIS OF THE CONDITION OF SEWER NETWORKS IN KYZYL

Sh. B. Mainy

Tuvan State University, Kyzyl

В данной статье рассмотрены особенности работы канализационных сетей в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов, приведен анализ статистических материалов состояния канализационных сетей г. Кызыла. Представлены основные данные по реконструкции канализационных сетей. Реконструкция канализационных сетей позволит увеличить их пропускную способность и, как следствие, появится возможность подключения новых объектов, а также уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций на участках после проведения восстановительных работ. Выяснено, что предстоит огромный объём работ по строительству и эксплуатации сетей канализации, как для канализованных районов города, так и для районов, не имеющих канализации, а также для проектируемой застройки.

Ключевые слова: суровый климат; канализационные трубы; протяженность; реконструкция

This article examines the features of the operation of sewer networks in conditions of deep seasonal freezing of soils, and provides an analysis of statistical materials on the condition of sewer networks in the city of Kyzyl. Basic data on the reconstruction of sewer networks is presented. Reconstruction of sewer networks will increase their capacity and, as a result, it will be possible to connect new facilities, as well as reduce the likelihood of emergency situations in areas after restoration work. It was found that a huge amount of work remains on the construction and operation of sewerage networks, both for the sewered areas of the city and for areas without sewerage, as well as for the planned development.

Key words: harsh climate; sewer pipes; length; reconstruction

Особенности работы канализационных сетей в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов определяются наличием низкой температуры грунта, требующей принятия специальных мер по защите трубопроводов от замерзания, влагосодержанием грунтов, вызывающим их сезонную пульсацию и большую осадку при оттаивании, и водонепроницаемостью мерзлых грунтов, оказывающей дополнительные воздействия на грунт при скоплении влаги вдоль трассы трубопроводов.

Этими особенностями работы канализационных сетей определяются следующие основные требования к их проектированию и строительству: предохранение канализации от замерзания, сохранение механической прочности и высоких термоизоляционных свойств изоляции трубопроводов в условиях низких отрицательных температур воздуха, предохранение трубопроводов от повреждений в результате деформаций грунта.

В настоящее время в г. Кызыле эксплуатируется централизованная система водоотведения [1], которая классифицируется как неполная раздельная. В сети действует семь канализационных насосных станций (КНС), которые перекачивают стоки в магистральный железобетонный коллектор диаметром 1200–1400 мм, по которому они подаются на очистные сооружения города.

На рисунке 1 показана существующая магистральная канализационная сеть Кызыла, которая охватывает только центральные районы, что составляет 70% от необходимого для её нормального функционирования.

Рисунок 1 – Схема существующей магистральной канализационной сети г. Кызыла

По данным ООО «Водоканал-Сервис», среднесуточный пропуск сточных вод системой канализации города составляет 18,57 тыс. м^3/сут. [2].

Протяжённость общей канализационной сети по городу по состоянию на 30.12.22 г. составляет 88,3 км, в том числе напорных коллекторов – 8,4 км, самотечных коллекторов – 79,9 км. Среднесуточный фактический объём сточных вод составляет 23,8 тыс. м^3/сут.

На рисунке 2 показано проведение работ по реконструкции участков канализационной сети в Кызыле.

а)

б)

Рисунок 2 – Реконструкция сетей канализации Кызыла: а) по ул. Интернациональной; б) по ул. Красных Партизан

Глубина заложения канализационных трубопроводов составляет от 2 до 6,0 м. Материал труб – чугун. Канализационный коллектор, расположенный по улице Красноармейской до пересечения с улицей Ленина, выполненный из асбестоцементных труб, проложен с уклонами, способствующими отложению осадка. В связи с превышением нормативного срока службы трубы отмечено механическое разрушение стен труб корнями деревьев, что вызывает дополнительный подпор и засорение сети.

Канализационный коллектор, расположенный на улице Ленина, проложен с нарушениями: уменьшен диаметр труб с 400 до 350 мм и не соблюден проектный уклон прокладки трубопровода. Этот коллектор перегружен на 30–47 %.

Канализационные сети, проложенные по улицам Комсомольской, Чульдума, Ленина, Тувинских Добровольцев,

работают с перегрузкой, что затрудняет осуществлять реконструкцию центральной части города.

В таблице 1 приведены данные по канализационным сетям г. Кызыл.

Таблица 1 – Основные данные по канализационным сетям Кызыла без теплоизоляции

Расположение участка на улице	Длина труб, м	Материал труб	Диаметр, мм	Температура сточной воды начального участка, ^{0}C	Этаж-ность зданий	Глубина прокладки, м
Кочетова	1180	железобетон	900	17	4	2
Рабочая	175	асбестоцемент	150	17	5	2,5
Калинина	853	железобетон	900	17	5	2,8
Дружба	2900	асбестоцемент	200–300	17	5,9	2
Чульдум	490	асбестоцемент	150–200	17	2,3	1,9

Из 88 км канализационных коллекторов требуют замены 17 км (износ 100 %). В таблице 2 приведена протяжённость канализационных трубопроводов Кызыла.

Таблица 2 – Протяжённость канализационных трубопроводов Кызыла (по состоянию на 30.12.2022 г.)

Диаметр труб, мм				Итого, м
150–250	300–400	600–800	1000–1500	88 385
53 180	21 712	6262	7231	

На рисунке 3 показано распределение протяжённости канализационных сетей Кызыла по диаметрам трубопроводов.

Реконструкция канализационных сетей г. Кызыла.

Реконструкция канализационных сетей позволит увеличить их пропускную способность и, как следствие, появится возможность подключения новых объектов, а также уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций на участках после проведения восстановительных работ [3-6].

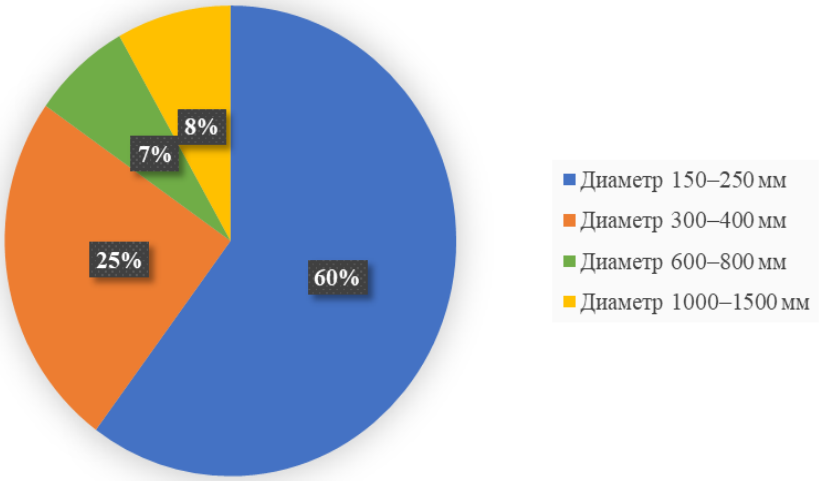

Рисунок 3 – Распределение протяжённости канализационных сетей в Кызыле по диаметрам трубопровода

На рисунке 4 показано состояние канализационных сетей г. Кызыла на 2022 год.

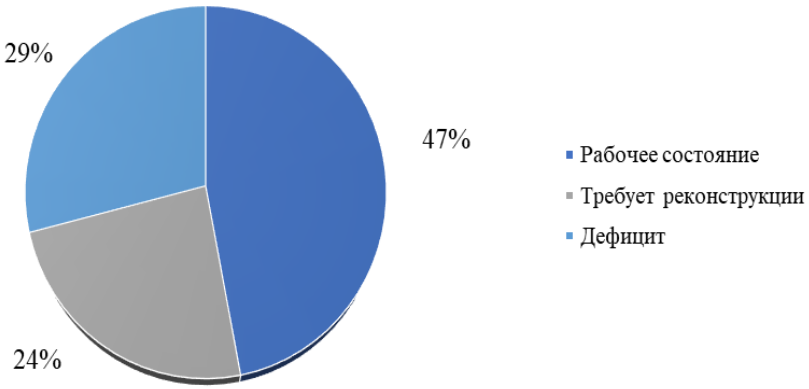

Рисунок 4 – Состояние канализационных сетей г. Кызыл на 2022 г.

В Кызыле 47 % сети канализации функционируют, но работают с перегрузками и давно выработали свой ресурс; 24 % сети канализации нуждается в реконструкции, их состояние на данный момент требует срочной замены ветхих канализационных участков, выработавших срок эксплуатации, на трубы из полимерных материалов; 29 % новых канализационных сетей необходимо проложить для подключения строящихся жилых домов к наружным сетям (что требует увеличения мощности очистных сооружений).

С учётом вышеперечисленных проблем можно сделать вывод, что

предстоит огромный объём работ по строительству и эксплуатации сетей канализации, как для канализованных районов города, так и для районов, не имеющих канализации, а также для проектируемой застройки.

Библиографический список

1. Майны, Ш. Б. Анализ аварий канализационных трубопроводов (на примере г. Кызыла) / Ш. Б. Майны // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – №3 (50). – С. 197-201.
2. Постановление Правительства Республики Тыва от 30 декабря 2009 г. № 660 об утверждении республиканской целевой программы «Модернизация объектов коммунальной инфраструктуры республики Тыва на 2010 год». – URL: https://base.garant.ru/28711648/ (дата обращения: 09.06.2021).
3. Майны, Ш. Б. Особенности взаимодействия безнапорных канализационных трубопроводов подземной прокладки с несогласующимися грунтами / Ш. Б. Майны, С. С. Седип // Естественные и технические науки. – 2015. – № 1(79). – С. 144-146. – EDN TKSCHD.
4. Терехов Л. Д. Продолжительность безопасной остановки движения воды в трубопроводе в зимний период / Л. Д. Терехов, В. М. Петров, О. В. Акимов // Водные ресурсы - основа устойчивого развития поселений Сибири и Арктики в XXI веке: Сборник докладов XXI Международной научно-практической конференции, Тюмень, 22 марта 2019 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, С. 389–393.
5. Майны, Ш. Б. О теплотехническом расчете канализационных сетей в условиях глубокого сезонного промерзания грунтов / Ш. Б. Майны, О. В. Заборщиков // Актуальные проблемы современного строительства : 63-я Международная научно-техническая конференция молодых ученых, Санкт-Петербург, 07–09 апреля 2010 года. Том Часть 2. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2010. – С. 247-250.
6. Terekhov, L. Dynamics of Internal Pipeline Icing in Winter Period When Bringing It to Freezing / L. Terekhov, N. Tvardovskaya // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 402 LNNS. – P. 871-879. – DOI 10.1007/978-3-030-96380-4_95. – EDN OJGSDO.

References

1. Mayny Sh. B. Analiz avarij kanalizacionnyh truboprovodov (na primere g. Kyzyla) [Analysis of sewer pipeline accidents (on the example of Kyzyl)]. Vestnik grazhdanskih inzhenerov [Vestnik

of Civil Engineers]. 2015, no. 3 (50), p. 197-201. (In Russian)

2. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Tyva ot 30 dekabrja 2009 g. № 660 ob utverzhdenii respublikanskoj celevoj programmy «Modernizacija ob'ektov kommunal'noj infrastruktury respubliki Tyva na 2010 god» [Resolution of the Government of the Republic of Tyva dated December 30, 2009 No. 660 on approval of the republican target program "Modernization of municipal infrastructure facilities of the Republic of Tuva for 2010"]. Available at: https://base.garant.ru/ 28711648/ (access date: 09.06.2021).
3. Mayny Sh. B. and Sedip S.S. Osobennosti vzaimodejstvija beznapornyh kanalizacionnyh truboprovodov podzemnoj prokladki s nesoglasujushhimisja gruntami [Features of interaction of unpressurized sewer pipelines of underground laying with inconsistent soils]. Estestvennye i tehnicheskie nauki [Natural and Technical Sciences]. 2015, no. 1(79), p. 144-146. (In Russian)
4. Terehov L. D. et al. Prodolzhitel'nost' bezopasnoj ostanovki dvizhenija vody v truboprovode v zimnij period [Prevention of safe stopping of water movement in the pipeline in winter]. Vodnye resursy - osnova ustojchivogo razvitija poselenij Sibiri i Arktiki v XXI veke: Sbornik dokladov XXI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Tjumen', 22 marta 2019 goda [Water resources - the basis for sustainable development of Northern Siberia and the Arctic in the XXI century: Collection of articles of the XXI International Scientific and Practical Conference of the Conference, Monday, March 22, 2019 of the year]. Tyumen, Tyumen Industrial University, 2019, p. 389–393. (In Russian)
5. Mayny Sh. B. and O. V. Zaborshhikov. O teplotehnicheskom raschete kanalizacionnyh setej v uslovijah glubokogo sezonnogo promerzanija gruntov [On the thermal engineering calculation of sewer networks in conditions of deep seasonal soil freezing]. Aktual'nye problemy sovremennogo stroitel'stva : 63-ja Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija molodyh uchenyh, Sankt-Peterburg, 07–09 aprelja 2010 goda. Tom Chast' 2 [Actual problems of modern construction : 63rd International Scientific and Technical Conference of Young Scientists, St. Petersburg, 07-09 April 2010. Volume Part 2]. Saint-Petersburg, Saint-Petersburg, State University of Architecture and Construction, 2010, p. 247-250. (In Russian)
6. Terekhov L. and Tvardovskaya N. Dynamics of Internal Pipeline Icing in Winter Period When Bringing It to Freezing. Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 402 LNNS. – P. 871-879.

Майны Шончалай Борисовна, старший преподаватель кафедры строительства и жилищно-коммунального хозяйства Тувинского государственного университета, г. Кызыл, Россия, эл. почта: shonchikspb@mail.ru

Shonchalay Borisovna Mayny, Senior Lecturer, Department of Construction, Housing and Communal Services, Tuvan State University, Kyzyl, Russia, e-mail: shonchikspb@mail.ru

Статья поступила в редакцию 25.11.2023

УДК 656.132

doi 10.24411/2221-0458-2023-63-69

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ТРАНСПОРТНОГО ПРИТЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ (НА ПРИМЕРЕ ПГТ КАА-ХЕМ)

Шавыраа Ч.Д.

Тувинский государственный университет, Кызыл

DETERMINATION OF PLACES OF TRANSPORT ATTRACTION FOR CONSTRUCTION OF OPTIMAL ROUTES (BASED ON A SAMPLE OF KAA-KHEM URBAN TYPE SETTLEMENT)

Ch. D. Shavyraa

Tuvan State University, Kyzyl

В последние годы, в связи с переходом на более высокий уровень транспортного обслуживания пассажиров, должны быть применены современные методы организации работы общественного транспорта. Определение потребности населения пгт Каа-Хем в перевозках путем определения мест транспортного притяжения и их детальной характеристики позволит составить рациональную маршрутную сеть города Кызыл. В связи с дороговизной транспортного обследования на улицах города можно определить места транспортного притяжения пгт Каа-Хем и близлежащих населенных пунктов. С другой стороны, востребованные услуги могут быть удовлетворены в полном объеме не только в столице Республики Тыва, но и близлежащих населенных пунктах. Имеются современные методы уточнения пассажирских потоков, которые дают наиболее полное представление о картограммах. Рациональное использование подвижного состава, грамотное составление расписаний в зависимости от потребностей населения в перевозках только повышает качество оказываемых услуг независимо от вида собственника.

Ключевые слова: пассажиры; притяжение; обследование; маршрут; поездки

In recent years, due to the transition to a higher level of passenger transport services, modern methods of organizing public transport should be applied. Determining the transportation needs of the population of the village of Kaa-Khem by determining the places of transport attraction and their detailed characteristics will make it possible to create a rational route network of the city of Kyzyl. Due to the high cost of transport inspection on the streets of the city, it is possible to determine the places of transport attraction of the village of Kaa-Khem and nearby settlements. On

the other hand, the services in demand can be fully satisfied not only in the capital of the Republic of Tyva, but also in nearby settlements. There are modern methods for clarifying passenger flows that allow you to have the most complete picture of cartograms. Rational use of rolling stock, competent scheduling, depending on the needs of the population in transportation, only improves the quality of services provided

Key words: passengers; attraction; inspection; route; trips

Пассажирские перевозки являются наиболее сложными, трудоемкими и довольно нерентабельными перевозками в малых городах. Наибольшая активность пассажиров встречается в утренние и вечерние часы пик. Поэтому важна правильная организация перевозок пассажиров. Специалисты, для оптимальной организации маршрутов, определяют схемы маршрутов, количество, тип и вид ПС для работы на каждом маршруте, распределяют маршруты по перевозчикам. Особенно остро данная проблема ощущается в малых городах и поселках городского типа, где из-за ограниченных финансовых ресурсов муниципальных органов власти общественный транспорт находится на грани исчезновения [1, 2].

При строительстве новых микрорайонов многие администрации городов особо не обращают внимания на существующие дороги, инфраструктуру, которая так необходима жителям данных микрорайонов. Например, до относительно недавнего времени не были построены школы и детские сады в таких микрорайонах как Левобережные дачи, Правобережные дачи, дачное общество «Дар», Вавилинский затон.

При проведении работ по оптимизации маршрутов в основном учитываются трудовые поездки, но никак не перевозка школьников. Переполненные сверх нормы школы вынуждены ставить 2-3 смены, школьники некоторых таких микрорайонов в зимнее время не могут доехать до своего дома. В этом случае работают школьные автобусы для перевозки детей. Еще одним минусом является то, что многие частные перевозчики работают только в часы пик, когда пассажиров много, в остальное время они не выходят на линию. Поэтому, если нет возможности сделать обследование пассажиропотоков, необходимо изучить структуру и состав населения.

Например, возьмем пгт Каа-Хем. На 1 декабря 2023 численность населения (постоянных жителей) поселка городского типа Каа-Хем составляет 18 762 человека, в том числе детей в возрасте до 6 лет - 1 864 человека, подростков (школьников) в возрасте от 7 до 17 лет - 2 226 человек,

молодежи от 18 до 29 лет - 2 240 человек, взрослых в возрасте от 30 до 60 лет - 8 079 человек, пожилых людей - 4355 человек (рис. 1).

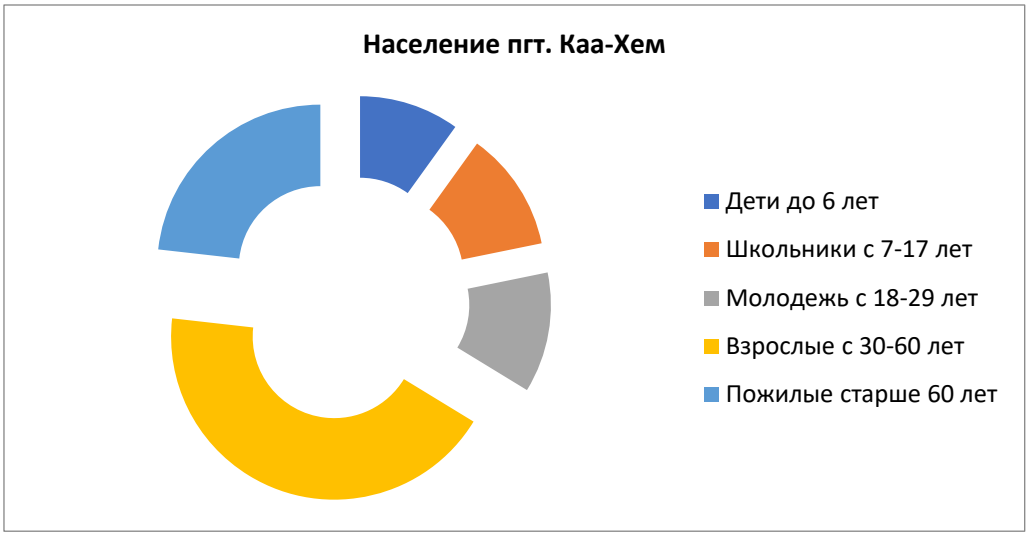

Рис. 1. Состав населения пгт. Каа-Хем

Оптимальным считается маршрут, который наиболее удобен и для населения, и для обслуживания со стороны перевозчиков. Исторически так сложилось, что пгт Каа-Хем является неотъемлемой частью Кызыла. Большое количество трудоспособного населения работает в пгт Каа-Хем, также как и некоторые жители города Кызыл приезжают на работу в пгт Каа-Хем.

Кроме того, пгт Каа-Хем является административным центром Кызылского района Республики Тыва. Все значимые для Кызылского района организации и предприятия находятся на территории данного населенного пункта: поликлиники, здание суда, административный центр, налоговая служба, полиция и т.д. Поэтому помимо населения данного поселка, сюда приезжают решать рабочие вопросы многие другие граждане Кызылского района.

Кызылский район (кожуун) образован 21 февраля 1975 года из девяти сельских поселений (сумонов):

с. Баян-Кол
с. Кара-Хаак
с. Сукпак
с. Терлиг-Хая
с. Усть-Элегест
с. Черби
с. Шамбалыг
с. Ээрбек
с. Целинное
пгт. Каа-Хем

Население села Баян-Кол составляет 1283 человек, села Кара-Хаак 1429 человек,

села Сукпак - 5056 человек, Терлиг-Хая- 525 человек, села Усть-Элегест - 1600 человек, села Черби - 1148 человек, села Шамбалыг - 418 человек, села Ээрбек - 1716 человек, села Целинное - 1410 человек.

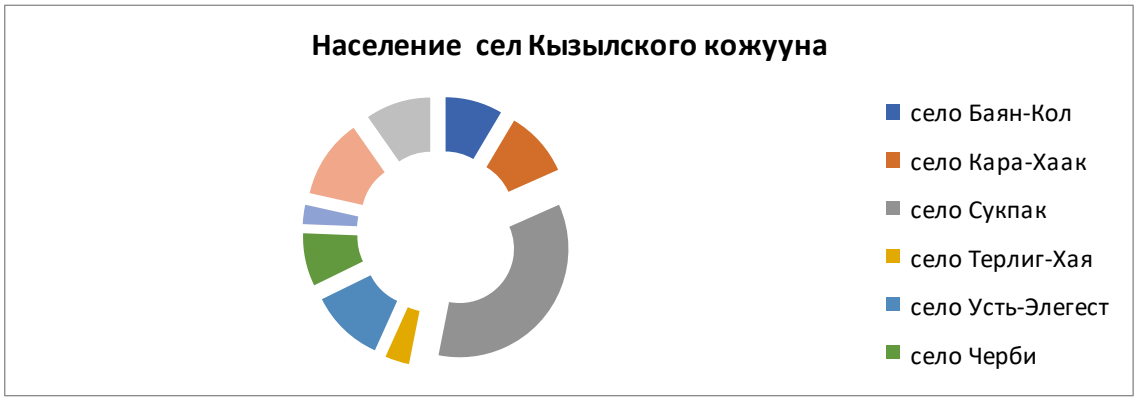

Рис. 2. Население сел Кызылского района

По многим вопросам, в том числе по вопросам медицинского обслуживания в основном обращаются в Административный центр.

Основным предприятием, которое находится на границе Кызыла и Каа-Хема - Кызылская ТЭЦ. Кызылская ТЭЦ является основным источником теплоснабжения столицы Республики Тыва и посёлка Каа-Хем. Станция обеспечивает отоплением и горячей водой более 400 многоквартирных домов, медицинские, социальные, образовательные учреждения, а также другие объекты и частично жилые дома частного сектора. В данном предприятии работают 515 сотрудников. Большая часть сотрудников данной организации проживает в городе Кызыл, большинство имеют частный транспорт. Также имеется автобус, который собирает сотрудников до работы и отвозит их после смены домой.

Ранее в пгт. Каа-Хем было 7 детских садов, из них 4 автономных учреждения, 1 - бюджетное, 2 - частные дошкольные образовательные учреждения. Списочный состав воспитанников достигает 2463 человек. Некоторые места были распределены таким образом, что дети из Ближнего Каа-Хема тоже стали воспитанниками детских садов пгт Каа-Хем.

В двух школах учатся более 2000 школьников, в рядах которых имеются жители дачного общества «Дар» - общества, из года в год застраивающегося очень интенсивно.

В связи с отсутствием данных о подвижности жителей пгт Каа-Хем, можно

предположить, что природно-климатические условия и расположение объектов тяготения, особенно в осенне-зимний период, определяют значение коэффициента транспортного тяготения равным: 1 – для трудовых передвижений, и близким к 1 – для культурно-бытовых поездок жителей.

Трудовые поездки являются основными поездками, при учете которых строятся маршруты городского пассажирского транспорта. Количество трудоспособного населения пгт Каа-Хем составляет 8078 человек. Большинство трудоспособного населения работают в городе Кызыл, имеют частный транспорт. Но социально незащищенные слои населения, такие как студенты СУЗов и ВУЗов, пенсионеры в основном пользуются общественным транспортом. Также не следует забывать про детей, которые вынуждены пользоваться общественным транспортом, так как в новых застраиваемых микрорайонах нет школ.

При формировании оптимальных маршрутов следует особое внимание уделить узлам транспортного графа и деталировке структуры пассажиропотоков.

1. Узлы транспортного графа в промышленно-складских зонах формируются не в зависимости от площадей промышленных районов, а самими местами транспортного притяжения:

– проходные крупных предприятий, к которым возможен подъезд автобусов;

– места у проезжей части, расположенные в пределах пешеходной доступности от проходных нескольких предприятий.

2. Деталировку структуры пассажиропотоков в промышленно-складских зонах целесообразно производить не по отдельным предприятиям, а по промышленным районам (ПР), образуемым группой предприятий, находящихся в одном из направлений вне селитебных зон.

С учетом пассажирских потоков потребности населения в транспортных средствах различной вместимости обоснуется потребностями общества. При изучении городского пассажирского транспорта необходимо учитывать данный фактор, чтобы правильно и адекватно подобрать автобусы различной вместимости, составить удобный для пассажиров расписание движения.

При перемещении пассажиров в городском транспорте, показатель качества представляет собой количественную характеристику одного из свойств, составляющую качество пассажирских перевозок, рассматриваемую применительно к определённым условиям их организации и осуществления [3, 4].

Таким образом, можно сделать вывод о транспортном притяжении пгт Каа-Хем

по микрорайонам и промышленным зонам, по близлежащим населенным пунктам, что позволяет повысить качество пассажирских перевозок в регионе. После уточнения количества проживающих, в зависимости от вида деятельности, также необходимо уточнить их место работы, где находится их организация или предприятие и то, как они добираются до места работы. Также важным фактором является подход к остановке, плотность транспортной сети, возможность воспользоваться легкими таксомоторами, время в пути. Наиболее важным фактором является наполнение автобусов, интервал движения, применение электронных карт города и работы автобусов в режиме реального времени.

Библиографический список

1. Шавыраа Ч.Д. Разработка методики организации обслуживания населения автобусным транспортом в малых городах: автореф.дис. … канд. технич. наук: 05.22.10 / Шавыраа Чечек Деспи-ооловна; [Место защиты: С.-Петерб. гос. архитектур.-строит. ун-т]. - Санкт-Петербург, 2009. - 17 с.
2. Шавыраа Ч.Д., Монгуш С.Ч. Построение структуры управления перевозочной деятельностью по организации работы общественного транспорта в малых городах. / Ч.Д. Шавыраа С.Ч. Монгуш. – Текст: непосредственный // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2009. – Вып. 2 (17).
1. Шавыраа Ч. Д. Результаты обследований пассажиропотоков в городе Кызыле Республики Тыва / Ч. Д. Шавыраа // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Омск, 2018. – Т.15. – №5. – С. 718-724.
2. Шавыраа Ч. Д. Организационные преобразования в сфере городского пассажирского транспорта в городе Кызыле Республики Тыва / Ч. Д. Шавыраа, А. Э. Горев – Текст : непосредственный // Автотранспортное предприятие. – 2009. – №2. – С. 18-20.

References

1. Shavyraa Ch.D. Razrabotka metodiki organizacii obsluzhivanija naselenija avtobusnym transportom v malyh gorodah: avtoref.dis. … kand. tehnich. nauk: 05.22.10 [Development of a methodology for organizing public services by bus in small towns: abstract.dis. ... candidate of Technical Sciences]. S.-Petersburg State University of Architecture and Construction, Saint-Petersburg, 2009, 17 p. (In Russian)
2. Shavyraa Ch.D., Mongush S.Ch. Postroenie struktury upravlenija perevozochnoj dejatel'nost'ju po organizacii raboty

obshhestvennogo transporta v malyh gorodah [Building a management structure for transportation activities for the organization of public transport in small towns]. Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta (MADI) [Bulletin of the Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University (MADI)]. 2009, iss. 2 (17). (In Russian)

3. Shavyraa Ch. D. Rezul'taty obsledovanij passazhiropotokov v gorode Kyzyle Respubliki Tyva [The results of surveys of passenger traffic in the city of Kyzyl of the Republic of Tyva]. Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii [Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy]. Omsk, 2018, vol.15, no. 5, p. 718-724. (In Russian)
4. Shavyraa Ch. D., Gorev A. Ye. Organizacionnye preobrazovanija v sfere gorodskogo passazhirskogo transporta v gorode Kyzyle Respubliki Tyva [Organizational transformations in the field of urban passenger transport in the city of Kyzyl of the Republic of Tyva]. Avtotransportnoe predprijatie. 2009. No. 2. P. 18-20. (In Russian)

Шавыраа Чечек Деспи-ооловна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортно-технологические средства», ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет», г. Кызыл, Россия, эл. почта: Shavyraa@mail.ru.

Chechek Despi-oolovna Shavyraa, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Transport and Technological Facilities, Tuvan State University, Kyzyl, Russia, эл. почта: Shavyraa@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 1.12.2023

СВЕДЕНИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Авторские права и ответственность

Настоящие правила разработаны на основании действующего законодательства Российской Федерации.

Автор, направляя статью в редакцию, поручает редакции обнародовать произведение посредством его опубликования в электронном виде и в печати. Редакция не несет ответственности за достоверность информации, приводимой Автором.

Условия публикации статьи

1. Рассматриваются только оригинальные материалы и не нарушающие авторские права других лиц. Заимствованные фрагменты или утверждения должны быть оформлены с обязательным указанием автора и первоисточника. Чрезмерные заимствования, а также плагиат в любых формах, включая неоформленные цитаты, перефразирование или присвоение прав на результаты чужих исследований, неэтичны и неприемлемы (авторские материалы проходят проверку в программе «Антиплагиат»). Автор не должен предоставлять в журнал материалы, которые отправлены в другой журнал и находятся на рассмотрении, а также статью, опубликованную в другом журнале.

2. Статьи, претендующие на публикацию, должны быть четко структурированными, актуальными, обладать научной новизной, содержать постановку задач (проблем), описание методики и основных результатов исследования, полученных автором, а также выводы; соответствовать правилам оформления.

3. Текст должен быть вычитан и подписан автором, который несет ответственность за научно-теоретический уровень публикуемого материала.

4. Если автор обнаружит существенные ошибки или неточности в статье на этапе ее рассмотрения или после ее опубликования, он должен как можно скорее уведомить об этом редакционную коллегию журнала.

5. Статьи принимаются в течение года.

Технические требования к оформлению статьи

1. ТЕКСТ

Научная статья представляется в файле и в печатном виде в формате doc или rtf на русском или английском языках.

В имени файла (папки) указывается Ф.И.О. автора и название статьи (например, *Кара-оол Л.С._Лексическая_интерференция.doc*.)

Объем текста авторских материалов не должен превышать 15 печатных страниц формата А4, включая иллюстрации (но не менее 8 страниц).

Название статьи должно содержать не более 10 слов.

Текст должен быть набран через полтора интервала, шрифтом «Times New Roman», размер шрифта - кегль 12, цвет – авто (черный), масштаб – 100%, смещение и кернинг отсутствуют, анимация не используется.

Параметры страницы: правое поле – 15 мм; левое поле – 30 мм; верхнее, нижнее поля – 20 мм, выравнивание по ширине страницы, абзацный отступ – 5 мм.

Код УДК присваивается редакцией на основании ключевых слов.

Аннотация (авторское резюме) должна включать от 100 до 200 слов (на русском, английском языках). Англоязычная аннотация должна представлять собой качественный перевод русскоязычной аннотации. Использование автоматического перевода различных интернет-сервисов недопустимо.

Ключевые слова (на русском и английском языках) – не более 8 слов. Ключевые слова и словосочетания разделяются символом ";" (точка с запятой), недопустимо использование любых аббревиатур и сокращений.

Библиографический список источников (на русском языке) оформляется в соответствии с действующими стандартами (ГОСТ 7.1—2003, ГОСТ 7.80—2000, ГОСТ 7.82—2000, ГОСТ Р 7.0.12—2011, ГОСТ 7.11—2004) и выносится в конец статьи. Записи в списке располагаются в последовательности упоминания источников в тексте статьи (не по алфавиту).

При оформлении списка источников автоматическая нумерация текстового редактора не используется, порядковый номер отделяется от текста ссылки знаком табуляции. Знаки «точка» и «тире», разделяющие области библиографического описания, заменяются точкой. Во всех библиографических ссылках на электронные ресурсы обязательно указывается дата обращения.

2. ИЛЛЮСТРАЦИИ

При наличии в статье таблиц, рисунков и формул в тексте должны содержаться ссылки на их нумерацию в круглых скобках.

Пример:… показатели цитируемости преподавателей (см. Таблица 1).

Таблицы должны иметь заголовки, расположенные над верхней границей, а каждый рисунок – подпись, указание авторства или источник заимствования.

Пример: Таблица 2 – Основные контрольные показатели

Рисунок 1 – Схема проезда или Рисунок 1.2 – Схема проезда (по материалам презентации И.И. Иванова «…»)

Все графические изображения (рисунки, графики, схемы, фотографии) именуются как рисунки и имеют сквозную нумерацию.

Рисунки, таблицы, графики и подписи к ним вставляются в текст. Кроме того, рисунки, изготовленные в любом графическом редакторе, присылаются отдельным файлом в одном из графических форматов: GIF, JPEG, BMP, TIFF.

Иллюстрации к статье должны быть даны с разрешением 300 dpi или 2000 x 3000 пикселей.

Таблицы и схемы должны быть хорошо читаемы. Максимальный размер рисунка, таблицы и схемы – 170 x 240 мм.

3. ССЫЛКИ

Ссылки на записи в списке помещаются внутри текста статьи в квадратных скобках в соответствии с пристатейным списком литературы, в котором авторы перечисляются не по алфавиту, а в порядке их цитирования в тексте статьи [номер источника в списке, страница]. Например: [8, с. 10–15; 9, с. 128]. (ГОСТ Р 7.0.5—2008 «Библиографическая ссылка» https://ru.wikisource.org/wiki/ГОСТ_Р_7.0.5—2008).

Не допускаются ссылки в тексте на работы, которых нет в списке литературы и наоборот. Если в статье есть ссылка на фамилию автора, то этот автор должен присутствовать в списке литературы. И ссылаться необходимо не на фамилию, а на номер источника по списку литературы. Не допускаются ссылки на неопубликованные работы.

4. СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (НА РУССКОМ И АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКАХ)

Фамилия, имя, отчество

Ученая степень

Ученое звание

Место работы, учебы (полностью)

Должность

Контактный телефон (не публикуется)

E-mail.

Сопроводительные документы к статье

1. Лицензионный договор на опубликование (высылается после вынесения решения по статье).

2. Авторская справка о каждом из авторов с указанием автора для переписки.

Порядок представления и рецензирования рукописей

1. К рассмотрению принимаются статьи, оформленные в строгом соответствии с установленными правилами подачи материалов для публикации. Строгое соблюдение данных требований существенно сокращает подготовительный этап и ускоряет срок публикации материала

2. Научная статья, не прошедшая экспертную оценку, возвращается на доработку. После прохождения экспертной оценки научная статья направляется на рецензирование.

3. Порядок рецензирования определяется редакционным советом и редакционной коллегией. Решение о публикации (или ее отклонении) статьи принимается редакционной коллегией журнала после ее рецензирования и обсуждения.

4. Заключение и рекомендации рецензента могут быть направлены автору для внесения соответствующих исправлений.

5. Ответственность за литературное редактирование и редактирование на грамотность материалов, заявленных к публикации в журнале, несут авторы.

6. Редакционная коллегия журнала принимает отредактированный текст авторских материалов. При этом редакционная коллегия оставляет за собой право сокращать и редактировать материалы статьи, изменять дизайн графиков, рисунков и таблиц для приведения в соответствие с дизайном журнала, не меняя смысла представленной информации.

7. Корректуры автору не высылаются, вся работа с ними проводится по авторскому оригиналу.

8. В случае положительного решения вопроса о публикации, автор, предоставивший свою статью в определенный выпуск «Вестника ТувГУ», выражает согласие на размещение полного текста статьи в сети Интернет на официальных сайтах журнала «Вестник Тувинского государственного университета» (http://www.vestnik.tuvsu.ru) и Научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru)

9. Авторы материалов, принятых к публикации, уведомляются по контактному телефону или E-mail.

10. Материалы, не принятые к публикации в журнале, авторам не возвращаются.

11. Преимущественным правом первоочередной публикации обладают подписчики журнала. Журнал включен в подписной каталог ОАО "Роспечать" ("Газеты.Журналы"). Индекс в каталогах Роспечати 66075.

12. Плата за публикацию рукописей не взимается.

13. Публикация статей осуществляется в соответствии с заключенным с автором Лицензионным договором.

Авторская этика

1. Авторы обязаны отделять оригинальные данные и гипотезы от данных и гипотез других авторов, а также собственных ранее опубликованных данных пользоваться ссылками; при свободном цитировании и пересказе своими словами ссылаться на источник; а также при дословном цитировании текста заключать его в кавычки, иначе он будет расцениваться как плагиат.

2. Редакция оставляет за собой право отказать в публикации статьи, если в ней превышен допустимый порог цитирования (в том числе и самоцитирования) – свыше 30% от общего объема материала, а также при нарушении авторских прав других авторов.

Контакты

Бумажные версии статей могут быть представлены в редакцию по адресу: 667000, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Ленина, 36, редакция научного журнала «Вестник Тувинского государственного университета. Социально-гуманитарные науки».

Электронный вариант рукописи принимается по электронному адресу: vestnik@tuvsu.ru

+12

Научное издание

ВЕСТНИК
ТУВИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА.
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
№ 2 (2), 2023

Учредитель ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет»

Дата выхода 27.12.2023
Адрес редакции: 667000, Республика Тыва, г. Кызыл, Ленина, 36
Адрес типографии: 667000, Республика Тыва, г. Кызыл, Ленина, 36
Адрес издателя: 667000, Республика Тыва, г. Кызыл, Ленина, 36

Свидетельство о регистрации СМИ выдано Роскомнадзором
ПИ № ФС77-85270 от 27 апреля 2023 г.
Индекс в каталогах Роспечати 66075.

Главный редактор А.А. Чылбак
Технический секретарь Ч.Б. Донгак
Верстка К.О. Салчак
Дизайн обложки К.К. Сарыглар

Статьи, опубликованные в журнале, являются оригинальными авторскими материалами, полное или частичное воспроизведение, тиражирование и распростр анение которых исключается без письменного разрешения редакции.
Ответственность за соблюдение законов об интеллектуальной собственности, а также за точность и достоверность сведений, приводимых в публикуемых материалах, несут авторы.

Периодичность выхода журнала – 4 раза в год

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве ТувГУ

Подписано в печать: 26.12.2023.
Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Физ. печ. л. 10,5. Заказ № 1818/4. Тираж 100 экз.
Цена свободная

667000, Республика Тыва, г. Кызыл, Ленина, 36
Тувинский государственный университет
Издательство ТувГУ