

ISSN (Print) 2616-7263
ISSN (Online) 2663-1261

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of L.N. Gumilyov Eurasian
National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY Series

Серия ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ

2(143)/ 2023

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Астана, 2023

Astana, 2023

Астана, 2023

*Бас редакторы **Тогизбаева Б.Б.**
т.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан
Бас редактордың орынбасары **Жусупбеков А.Ж.**
т.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан
Жауапты редактор **Закирова А.Б.**
п.ғ.к. (комп. ғылымдар), доцент, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан*

Редакция алқасы

Левенте Ковач	проф., Обуда университеті, Будапешт, Венгрия
Андраш Молнар	проф., Обуда университеті, Будапешт, Венгрия
Акира Хасегава	проф., Хачинохе технологиялық институты, Хачинохе, Жапония
Акитоши Мочизуки	проф., Токусима Университеті, Токусима, Жапония
Базарбаев Д.О.	PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан
Дер Вэн Чанг	проф., Тамкан Университеті, Тайбэй, Тайвань
Жумагулов М.Г.	PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан
Йошинори Ивасаки	проф., Геологиялық зерттеулер институты, Осака, Жапония
Калякин В.Н.	проф., Делавэр Университеті, Ньюарк, АҚШ
Сахапов Р.Л.	проф., Қазан мемлекеттік сәулет-құрылыс университеті, Қазан, Ресей
Тадатсугу Танака	проф., Токио Университеті, Токио, Жапония
Түлебекова А.С.	PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан
Хое Линг	проф., Колумбия Университеті, Нью-Йорк, АҚШ
Утепов Е.Б.	PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан
Чекаева Р.У.	а.к., проф., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан
Шахмов Ж.А	PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан
Юн Чул Шин	проф., Инчئون ұлттық университеті, Инчئون, Оңтүстік Корея

Редакцияның мекен жайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Сәтбаев к-сі, 2,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 402 б.
Тел: +7 (7172) 709-500 (ішкі 31-315). E-mail: vest_techsci@enu.kz

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

Хабаршысы

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

сериясы

Меншіктенуші: КеАҚ «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті»

Мерзімділігі: жылына 4 рет

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігімен тіркелген

19.04.2021ж. № KZ31VPY00034682 қайта есепке қою туралы куәлігі

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Қажымұқан к-сі 13/1

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Тел: +7 (7172)709-500 (ішкі 31-315). Сайт: <http://bultech.enu.kz>

Editor-in-Chief **Baglan Togizbayeva**
Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
Deputy Editor-in-Chief **Askar Zhussupbekov**
Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
Executive editor **Alma Zakirova**
Assoc. Prof. (comp. sci.), L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Editorial board

Levente Kovács	Prof., Óbuda University, Budapest, Hungary
András Molnár	Prof., Óbuda University, Budapest, Hungary
Akira Hasegwa	Prof., Hachinohe Institute of Technology, Hachinohe, Japan
Akitoshi Mochizuki	Prof., University of Tokushima, Tokushima, Japan
Daniyar Bazarbayeva	Assoc. Prof., «Solid Research Group» LLP, Astana, Kazakhstan
Der Wen Chang	Prof., Tamkang University, Taipei, Taiwan (ROC)
Mihail Zhumagulov	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Astana, Kazakhstan
Yoshinori Iwasaki	Prof., Geo Research Institute, Osaka, Japan
Viktor Kalakin	Prof., University of Delaware, Newark, Delaware, USA
Rustem Sakhapov	Prof., Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia
Tadatsugu Tanaka	Prof., University of Tokyo, Tokyo, Japan
Assel Tulebekova	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Astana, Kazakhstan
Hoe Ling	Prof., Columbia University, New York, USA
Yelbek Uteпов	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Astana, Kazakhstan
Rahima Chekaeva	Prof., L.N. Gumilyov ENU, Astana, Kazakhstan
Zhanbolat Shakhmov	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Astana, Kazakhstan
Eun Chul Shin	Prof., Incheon National University, Incheon, South Korea

Editorial address: 2, Satpayev str., of. 402,
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
010008
Tel.: +7 (7172) 709-500 (ext. 31-315), E-mail: vest_techsci@enu.kz

Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University **TECHNICAL SCIENCES and TECHNOLOGY** **Series**

Owner: Non-profit joint-stock company «L.N. Gumilyov Eurasian National University»
Periodicity: 4 times a year
Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan
Rediscount certificate № KZ31VPY00034682 from 19.04.2021
Address of Printing Office: 13/1 Kazhimukan str., Astana, Kazakhstan 010008
L.N. Gumilyov Eurasian National University
Tel: +7 (7172) 709-500 (ext.31-315). Website: <http://bultech.enu.kz>

Главный редактор **Тогизбаева Б.Б.**
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Зам. главного редактора **Жусупбеков А.Ж.**
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Ответственный редактор **Закирова А.Б.**
к.п.н. (комп. науки), доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Редакционная коллегия

Левенте Ковач	проф., университет Обуда, Будапешт, Венгрия
Андраш Молнар	проф., университет Обуда, Будапешт, Венгрия
Акира Хасегава	проф., Технологический институт Хачинохе, Хачинохе, Япония
Акитоши Мочизуки	проф., Университет Токусима, Токусима, Япония
Базарбаев Д.О.	PhD, ТОО «Solid Research Group», Астана, Казахстан
Дер Вэн Чанг	проф., Тамканский Университет, Тайбэй, Тайвань
Жумагулов М.Г.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Йошинори Ивасаки	проф., Институт геологических исследований, Осака, Япония
Калякин В.Н.	проф., Делаверский Университет, Ньюарк, США
Сахапов Р.Л.	проф., Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Россия
Тадатсугу Танака	проф., Токийский Университет, Токио, Япония
Тулбекова А.С.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Хое Линг	проф., Колумбийский университет, Нью-Йорк, США
Утепов Е.Б.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Чекаева Р.У.	к.а., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Шахмов Ж.А.	PhD, доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Юн Чуд Шин	проф., Инчхонский национальный университет, Инчхон, Южная Корея

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2,
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, каб. 402
Тел: +7(7172) 709-500 (вн. 31-315). E-mail: vest_techsci@enu.kz

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева
Серия ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ

Собственник: НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева»

Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Свидетельство о постановке на переучет № KZ31VPY00034682 от 19.04.2021 г.

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Кажымукана, 13/1,

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

Тел.: +7(7172)709-500 (вн.31-315). Сайт: <http://bultech.enu.kz>

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ
ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР СЕРИЯСЫ

ВЕСТНИК ЕВРАЗИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ Л.Н.ГУМИЛЕВА. СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ

BULLETIN OF L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY
TECHNICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY SERIES

№ 2(143)/2023

МАЗМҰНЫ/ CONTENTS/ СОДЕРЖАНИЕ

- Йо. Ватабе.** Тығыздау жағдайларының пластикалық емес ұсақ фракциясы бар пемза құмының сұйылту сипаттамаларына әсері
Yo. Watabe. Influence of compaction conditions on the liquefaction characteristics of pumice sand with non-plastic fines
- Йо. Ватабе.** Влияние условий уплотнения на характеристики разжижения пемзового песка с непластичной мелкой фракцией 8
- Ж.А. Шахмов, Г.Т. Тлеуленова.** Қазақстанның инженерлік-геологиялық жағдайларында жол жүйелеріне арналған бұрулған қадаларды зерттеу
Zh. Shakhmou, G. Tleulenova. Investigation of boring pile integrity of road systems in engineering-geological condition of Kazakhstan
- Ж.А. Шахмов, Г.Т. Тлеуленова.** Исследование буронабивных свай на сплошность дорожных систем в инженерно-геологических условиях Казахстана 19
- А.К. Байдабеков, Э.А. Кемелбекова, Б.Ж. Ермекбаев.** Дөңес шатыр – күмбез бетінің атауының қалыптасуы мен бетті жаңа жобалау тәсілі
A. Baidabekov, E. Kemelbekova, B. Yermekbayev. Convex cover – formation of the name of the domed surface and a new way of designing the surface
- А.К. Байдабеков, Э.А. Кемелбекова, Б.Ж. Ермекбаев.** Выпуклая крышка - формирование названия куполообразной поверхности и новый способ проектирование поверхности 26
- М.Н. Нұрбаева, Л.Б. Аруова, Р.Е. Лукпанов.** Талшықтардың бетонның беріктік сипаттамаларына әсерін бағалау
M. Nurbaeva, L. Ariova, R. Lukpanov. Evaluation of the effect of fibers on the strength characteristics of concrete
- М.Н. Нұрбаева, Л.Б. Аруова, Р.Е. Лукпанов.** Оценка влияния фиброволокон на прочностные характеристики бетона 36
- А.К. Алдунгарова, И.М. Пидал, Ш.Ж. Жарасов, С.Б. Анапьянова, Г.К. Мамырбекова, Ю.Н. Еремеева.** Қазақстанның гидротехникалық құрылыстарын қайта қарау: ГАЖ арқылы климаттың өзгеруі мен жерді пайдалану сценарийлерін ескере отырып, бөгеттерді жобалау мен орналастыру әдісі
A. Aldungarova, I. Pidal, Sh. Zharassov, S. Anapyanova, G. Mamyrbekova, Yu. Yereteyeva. Revisiting Kazakhstan's Hydraulic Structures: A GIS-Based Approach to Dam Design and Allocation Considering Climate Change and Land Use Scenarios
- А.К. Алдунгарова, И.М. Пидал, Ш.Ж. Жарасов, С.Б. Анапьянова, Г.К. Мамырбекова, Ю.Н. Еремеева.** Пересмотр гидротехнических сооружений Казахстана: ГИС-подход к проектированию и расположению плотин с учетом сценариев изменения климата и землепользования 46
- С.А. Коспармакова, Ж.А. Шаипан, Д.О. Базарбаев.** Қазақстанда ыстық аралас асфальтқа (НМА) арналған Superpave қоспасын жобалау тәсілін зерттеу
S. Kosparkakova, Zh. Shashpan, D. Bazarbayev. Investigating the Superpave Mixture Design Approach for Hot-Mix Asphalt in Kazakhstan
- С.А. Коспармакова, Ж.А. Шаипан, Д.О. Базарбаев.** Исследование подхода к расчету состава смеси по Superpave для горячего асфальтобетонного покрытия в Казахстане 62

- Ү. Бақыт, А.А. Каражанов, Ж.Р. Алипбаев, С.О. Төребекова.* Доңғалақ пен рельстің өзара әрекеттесу жүйесінің ағымдағы жағдайы
U. Bakyt, A. Karazhanov, Zh. Alipbayev, S. Torebekova. Current state of the wheel - rail interaction system
У. Бақыт, А.А. Каражанов, Ж.Р. Алипбаев, С.О. Төребекова. Текущее состояние системы взаимодействия «колесо-рельс» 72
- Е.Е. Назарбаев, Ж.Р. Алипбаев, А.А. Каражанов, У.Ш. Кокаев.* Гибридті автокөліктер технологияларын зерттеу және электр қондырғысын таңдау шарттары
Y. Nazarbayev, Zh. Alipbayev, A. Karazhanov, U. Kokayev. Research of hybrid car technologies and conditions for choosing an electrical installation
Е.Е. Назарбаев, Ж.Р. Алипбаев, А.А. Каражанов, У.Ш. Кокаев. Исследования технологий гибридных автомобилей и условия выбора электроустановки 79
- М.Т. Ногайбекова.* Қалалық ортадағы әкімшілік ғимараттардың сәулеті
M. Nogaibekova. Architecture of administrative buildings in an urban environment
М.Т. Ногайбекова. Архитектура административных зданий в городской среде 92
- А.А. Абдилдаева, Д.С. Жыйлысова, Ғ.С. Назар.* Интеллектуалды виртуалды кеңесшіні әзірлеуге арналған дауысты тану әдістері
A. Abdildayeva, D. Zhylyssova, G. Nazar. Voice recognition methods for the development of an intelligent virtual consultant
А.А. Абдилдаева, Д.С. Жыйлысова, Ғ.С. Назар. Методы распознавания голоса для разработки интеллектуального виртуального консультанта 104
- Б.А. Қойайдаров, Р.Т. Сахыбаев.* Сына белдікті вариатор құру
B. Koyaidarov, R. Sakhybayev. Development of a V-belt variator
Б.А. Койайдаров, Р.Т. Сахыбаев. Разработка клиноременного вариатора 118
- Б.Б. Тогызбаева, А.Б. Забиева, А.А. Каражанов, Ж.Р. Алипбаев, Қ.Г. Балабекова.* Ішкі бойлық жарықшақтың жоғарғы жағындағы рельс конструкцияларының кернеулі күйін зерттеу
B. Togizbayeva, A. Zabiyeva, A. Karazhanov, Zh. Alipbayev, K. Balabekova. Investigation of the mechanics of rail failure in the event of contact fatigue defects in cold conditions
Б.Б. Тогызбаева, А.Б. Забиева, А.А. Каражанов, Ж.Р. Алипбаев, Қ.Г. Балабекова. Исследование напряженного состояния конструкций рельс у вершины внутренней продольной трещины 129
- С.А. Нуркушева, М. Бембенек, О.Н. Костюченкова.* Астана қаласының автотехникалық қызмет көрсетуде көтергіш жабдықтарды қолдануға шолу
S. Nurkusheva, M. Bembenek, O. Kostyuchenkova. Overview of the use of lifting equipment in auto maintenance in Astana
С.А. Нуркушева, М. Бембенек, О.Н. Костюченкова. Обзор применения подъемного оборудования в автотехобслуживании г. Астаны 136
- Г.Н. Байғужина, А.Б. Сағатбекова, Ғ.А. Утепова, Л.Б. Изанова.* Техникалық қызмет көрсету көлемін оңтайландыру негізінде моделі у35.615 гидромеханикалық беріліс қорабы сенімділігін арттыру
G. Baiguzhina, A. Sagatbekova, G. Uteпова, L. Izanova. Improving the reliability of the hydromechanical gearbox model u35. 615 based on the optimization of maintenance volumes
Г.Н. Байғужина, А.Б. Сағатбекова, Ғ.А. Утепова, Л.Б. Изанова. Повышение надежности гидромеханической коробки передач модели у35. 615 на основе оптимизации объемов технического обслуживания 147
- А.М. Жандарбекова, М.И. Арпабеков, К.А. Мурзабекова.* Астана қаласының көлік түйіндерінде қозғалысты басқару тиімділігін арттыру мәселелері
A. Zhandarbekova, M. Arpabekov, K. Murzabekova. Issues of increasing the traffic management efficiency in the transport hubs of the city of Astana
А.М. Жандарбекова, М.И. Арпабеков, К.А. Мурзабекова. Вопросы повышения эффективности управления движением в транспортных узлах города Астаны 156
- И.Т. Мизанбеков, К. Калым, Л.И. Лыткина.* Астық өнімдері кешенінің көлік парктерін пайдалануды интенсификациялау
I. Mizanbekov, K. Kalym, L. Lytkina. Intensification of the use of transport fleets of grain production complex

- И.Т. Мизанбеков, К. Калым, Л.И. Лыткина.* Интенсификация использования транспортных парков зернопродуктового комплекса 167
- М.Е Исаметова, Г.С. Әбілєзова, А.М. Дүйсенғали, А.Н. Тұрсынбаева.* Сорғы құрылысында жылдам прототиптеу технологиясын қолдану
M. Isametova, G. Abilezova, A. Duisengali, A. Tursynbayeva. Application of rapid prototyping technology in pump engineering
- М.Е Исаметова, Г.С.Абилєзова, А.М. Дүйсенғали, А.Н. Тұрсынбаева.* Применение технологии быстрого прототипирования в насосостроении 177
- Б.Б. Тогызбаева, К.Т. Шеров, А.С. Даньярова, Д.М. Мамбетов.* Гидравликалық экскаваторлар үшін қолданылатын жылдам босатылатын құрылғысының жаңартылған моделдеріне шолу
B. Togizbayeva, K. Sherov, A. Danyarova, D. Mambetov. Overview of the developed systems of the hydraulic excavator quick release device
- Б.Б. Тогызбаева, К.Т. Шеров, А.С. Даньярова, Д.М. Мамбетов.* Обзор разработанных систем быстрого устройства гидравлического экскаватора 193
- О.М. Жаркевич, Т.Ю. Никонова, Л. Гиери, А.С. Берг, А.А. Берг.* Тістегершікті сорғылардың конструктивті және технологиялық ерекшеліктерін талдау
O. Zharkevich, T. Nikonova, L. Gierz, A.S. Berg, A.A. Berg. Analysis of design and technological features of gear pumps
- О.М. Жаркевич, Т.Ю. Никонова, Л. Гиери, А.С. Берг, А.А. Берг.* Анализ конструктивных и технологических особенностей шестеренчатых насосов 204
- А.К. Айтказина.* Ылғалдылық өзгерген кезде топырақтың деформациялық сипаттамаларын зерттеу
A. Aitkazina. Study of the deformation characteristics of soils with a change in humidity
- А.К. Айтказина.* Исследование деформационных характеристик грунтов при изменении влажности 215
- Н.Б. Абишева, К.Т. Шеров, Т.Г. Насад, М.Т. Усербаев, Д.К. Абулхайров, И.К. Сағынганова, А.Б. Ержанова.* Үйкеліспен дәнекерлеуге арналған құрылғының жүктелген торабының кернеулі деформацияланған күйін зерттеу
N. Abisheva, K. Sherov, T. Nasad, M. Ussebayev, D. Abulkhairov, I. Sagynganova, A.B. Yerzhanova. Research of the stress-strain state of the loaded assembly for friction welded device
- Н.Б. Абишева, К.Т. Шеров, Т.Г. Насад, М.Т. Усербаев, Д.К. Абулхайров, И.К. Сағынганова, А.Б. Ержанова.* Исследование напряженно-деформированного состояния нагруженного узла устройства для сварки трением 225
- А.У. Байдуллаева, А.Н. Аманбек, А.Б. Абдрахманов, К.Т. Шеров, Г.К. Каленов, Б.Т. Оразалиев.* Көлік қозғалтқыштарын іске қосуды жеңілдететін жылу аккумуляторларының жұмыс үдерісін теориялық зерттеулер
A. Baidullayeva, A. Amanbek, A. Abdrakhmanov, K. Sherov, G. Kalenov, B. Orazaliyev. Theoretical study of the working process of thermal accumulators facilitating the start of vehicle engines
- А.У. Байдуллаева, А.Н. Аманбек, А.Б. Абдрахманов, К.Т. Шеров, Г.К. Каленов, Б.Т. Оразалиев.* Теоретические исследования рабочего процесса тепловых аккумуляторов, облегчающих запуск двигателей транспортных средств 237
- Ү.Қ. Ақишев, Б.Р. Исакулов, М.К. Имангазин, Б.К. Сарсенбаев, Дж.С. Дания.* Талдау әдістерін жетілдіру және Қазақстан Республикасы Дөң тау – кен байыту комбинатының электр цехындағы өндірістік жарақаттануды болжау
U. Akishev, B. Issakulov, M. Imangazin, B. Sarsenbayev, J.S. Dhanya. Improvement of methods for analyzing and forecasting industrial injuries in the electric workshop of the Don Mining and Processing Plant of the Republic of Kazakhstan
- У.К. Ақишев, Б.Р. Исакулов, М.К. Имангазин, Б.К. Сарсенбаев, Дж.С. Дания.* Совеществования методов анализа и прогнозирования производственного травматизма в электроцехе Донского горно – обогатительного комбината Республики Казахстан 248
- Г.Б. Толегенова, А.Б. Закирова, А.В. Астанкевич.* Электр жүктемелерін болжау модельдері мен әдістері
G. Tolegenova, A. Zakirova, A. Astankevich. Models and methods for forecasting electrical loads
- Г.Б. Толегенова, А.Б. Закирова, А.В. Астанкевич.* Модели и методы прогнозирования электрических нагрузок 260



Yoichi Watabe

Hokkaido University, Sapporo, Japan
(E-mail: watabe@eng.hokudai.ac.jp)

Influence of compaction conditions on the liquefaction characteristics of pumice sand with non-plastic fines

Abstract. *In this study, the liquefaction characteristics of pumice sand were investigated focusing on the relationship with compaction conditions. The new findings obtained in this study are summarized as follows. In the pumice sand with a large amount of non-plastic fines, liquefaction resistance R_{L20} can be expected to be only about 0.2 at a degree of compaction of 90%, however, it can be increased to be 0.3 or more if the soil is densified by compaction up to degree of compaction of 95% or more. In addition, the skeletal structure is also important even at the same dry density, and a higher liquefaction resistance can be expected under the compaction conditions on a dryer condition in water content at compaction. On the other hand, the tenacity for deformation in liquefaction under cyclic loading may be lost in the compaction conditions on the dryer condition, so the tenacity for liquefaction should also be noted.*

Keywords: *pumice sand, volcanic sand, non-plastic fines, liquefaction, compaction condition, cyclic loading triaxial test.*

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-8-18

1. Introduction

Satozuka District of Kiyota Ward in the southern part of the City of Sapporo is located almost at the end of a plateau consisting of pyroclastic flow deposits (Spfl) ejected by eruption of Shikotsu Volcano about 40 000 years ago. The Shikotsu Volcano is a large caldera lake today due to the eruption. In the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake that occurred on September 6, 2018, an earth-fill constructed in a valley at the end of the plateau liquefied over a wide area, causing enormous damage [1]. The pumice sand in this region is characterized as a large content of non-plastic fines if it is compared to that found in previous studies [2][3]. In this study, we investigated the liquefaction characteristics of pumice sand with non-plastic fines, which is the earth-fill material in the Satozuka district, focusing on the compaction conditions.

2. Soil sample

The pumice sand examined in this study was a soil sample excavated and collected at Satozuka Chuo Popura Park where is one of the damage areas liquefied due to the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake. The grain size distribution curve of the pumice sand is shown in Figure 1. It

is characterized by a wide range in grain-size distribution, a high non-plastic fine particles (less than 0.075 mm) content of about 45%.

In the following, the sample name is referred to as F45 reflecting the value of fine content. Since the grain size distribution of the sample collected immediately after the earthquake was slightly different from that of the sample collected one year after the earthquake, the sample name was distinguished as FB45. In addition, pumice sand artificially prepared by reducing fine particle content from 45% to 40% and 20%, and call them F40 and F20, respectively. The physical properties of the sample are tabulated in Table 1. The maximum dry density ρ_{dmax} and the optimum water content w_{opt} are the values read from the compaction curve shown in Figure 2 obtained by the compaction test in non-repetitive method according to the A-c method of JIS A 1210. The minimum void ratio and the maximum void ratio are the values obtained by applying JIS A 1224 mutatis mutandis.

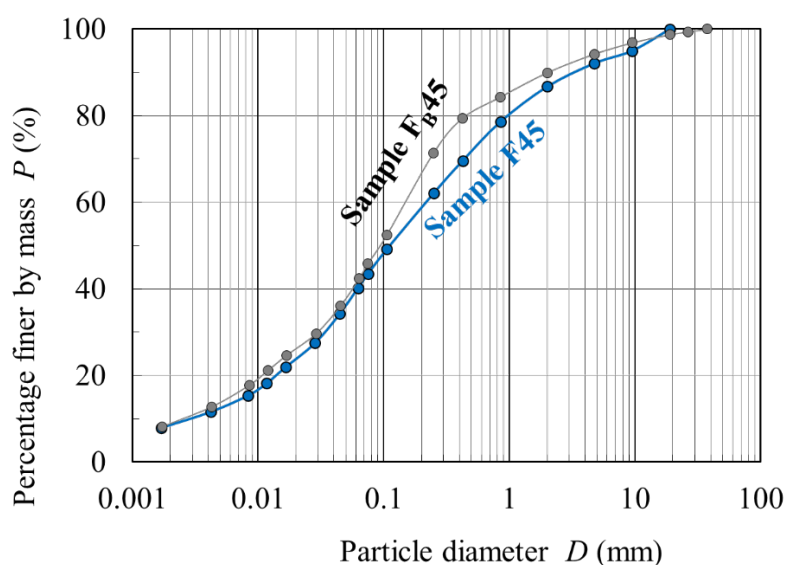


Figure 1. Grain-size distribution curve.

Table 1. Physical properties of the pumice sand

	F45	F _B 45	F40	F20
Soil particle density ρ_s (Mg/m ³)	2.376	2.392	2.376	2.376
Maximum dry density ρ_{dmax} (Mg/m ³)	1.068	1.094	-	-
Optimum water content w_{opt} (%)	42.7	42.7	-	-
Minimum void ratio e_{min}	1.405	1.276	1.269	1.594
Maximum void ratio e_{max}	2.494	2.194	2.172	2.557

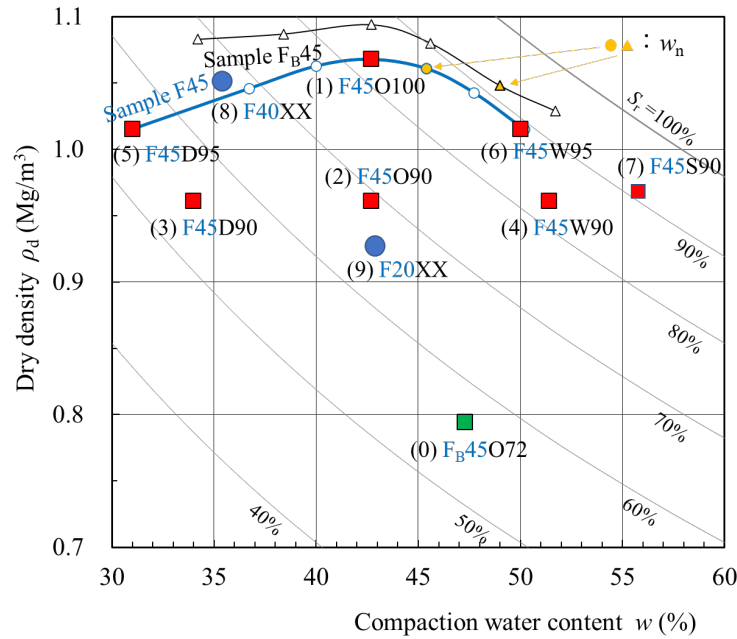


Figure 2. Compaction conditions

3. Test conditions and test procedure

Specimens for triaxial test were prepared by statical compression in the mold to be densified to the target dry density. The compaction conditions of the specimen are plotted in Figure 2, and the loading conditions of the cyclic loading undrained triaxial test are tabulate in Table 2.

The numbers in brackets in the test case name indicate the order in which the tests were conducted, followed by sample name consisting of alphabet and number indicating the fine particle content, and the next alphabet indicates the vicinity of the optimum water content (O), and dryer side (D) or wetter side (W) than that, and the number following it is the value of the compaction degree D_c . In addition, in consideration of that the skeletal structure of the compacted soil is generally governed by degree of saturation at compaction even if the soil is non-plastic [4], the compaction conditions with different degree of compaction were set at the same degree of saturation in some cases.

Table 2. List of test cases

Test ID	At compaction		After consolidation				Consol. Press. σ'_0 (kPa)	Cyclic loading stress ratio $R = \tau/2\sigma'_0$
	w_0 (%)	ρ_d (Mg/m ³)	D_c (%)	D_r (%)	D_c (%)	D_r (%)		
(0) F _B 45O72	47.3	0.794	72.6	19.6	77.1	39.3	30	0.065, 0.080, 0.109
(1) F45O100	42.3	1.069	100.1	116.7	101.4	119.4	50	0.500, 0.652, 0.805, 0.902
(2) F45O90	42.7	0.963	90.1	94.2	91.3	97.0	50	0.150, 0.200, 0.300, 0.400
(3) F45D90	34.1	0.959	89.8	93.3	91.1	96.6	50	0.140, 0.199, 0.301, 0.450
(4) F45W90	51.2	0.964	90.2	94.4	98.3	99.0	50	0.141, 0.204, 0.300, 0.401
(5) F45D95	31.1	1.011	94.7	105.0	95.6	107.0	50	0.381, 0.500, 0.598, 0.803
(6) F45W95	46.9	1.017	95.2	106.3	96.5	109.2	50	0.251, 0.352, 0.500, 0.704
(7) F45S90	55.3	0.957	89.6	92.8	95.8	107.6	50	0.110, 0.139, 0.200, 0.299
(8) F40XX	35.6	1.051	-	99.9	-	102.1	50	0.501, 0.999, 1.507, 1.995
(9) F20XX	42.8	0.919	-	100.8	-	103.3	50	0.500, 0.802, 1.501, 2.007

Test case (0) FB45O72 is a specimen that reproduces the density of the embankment in the Satozuka area [1], which was damaged by the 2018 Hokkaido Eastern Iburu Earthquake. Test case (7) F45S90 is a specimen made by pouring a liquified sample with a target water content into a mold, i.e., without compaction. Its initial dry density was equivalent to a compaction degree of 90%, however, the dry density during the process of cyclic loading was equivalent to a compaction degree of 95% because it became dense during the saturation and consolidation process. Although F20 and F40 with reduced fine particle content are in a densely packed state, the part of test case name corresponding to the degree of compaction is indicated as XX because the volume of the soil sample was not enough for the compaction test.

Table 2 also summarizes the degree of compaction D_c and relative density D_r of the prepared specimens just after soil compaction (i.e., in the initial state) and after consolidation (i.e., during the cyclic loading). The specimen was saturated by carbon dioxide substitution method and applying back pressure of 100 kPa (200 kPa for FC20XX and FC40XX) with upward water infiltration to confirm that the Skempton's pore water pressure coefficient B value became 0.95 or higher. The effective consolidation pressure σ'_0 was set to 50 kPa (FB45O72 was 30 kPa). The cyclic stress ratio was set as appropriate values corresponding to two points each smaller and larger than 20 times of cyclic loading to reach liquefied state. Here, relationship between the cyclic stress ratio $R = \tau/2\sigma'_0$ and the number of loading cycles N_c will be described later in the section of test results.

4. Test results and discussion

From the test results obtained in the series of cyclic loading undrained triaxial tests, the number of loading cycles N_c when double amplitude strain DA reached 5% is read, and the relationship between the cyclic stress ratio $\tau/2\sigma'_0$ and the number of loading cycles N_c is plotted in Figure 3.

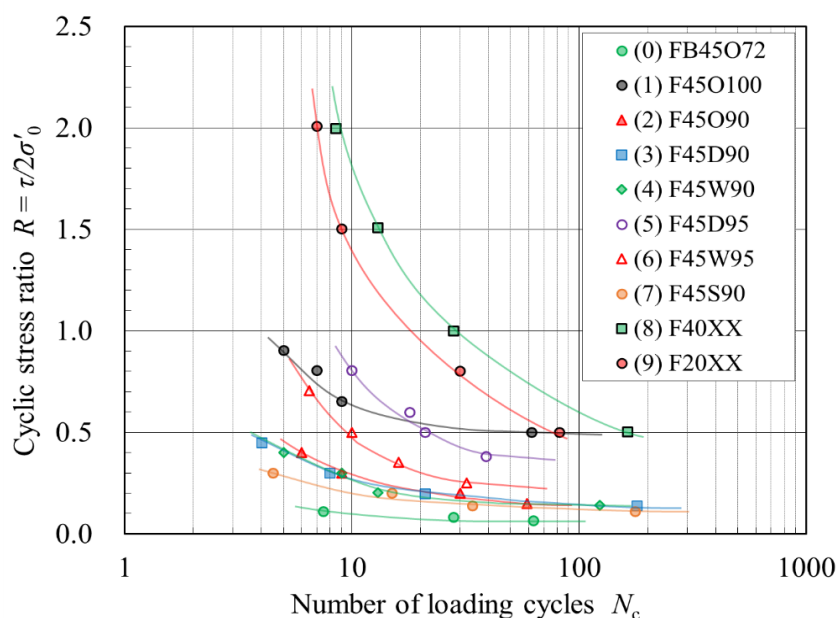


Figure 3. Relationship between cyclic stress ratio and number of loading cycles

The liquefaction resistance R_{L20} defined as the cyclic stress ratio $\tau/2\sigma'_0$ when the number of loading cycles N_c is 20 times and the double amplitude strain DA reaches 5% is about 0.5 for the (1) F45O100, which was densely compacted. Higher values of R_{L20} of around 1.0 were obtained for (8) F40XX and (9) F20XX. It is suggested that the liquefaction resistance R_{L20} increases by

densification, while the liquefaction resistance R_{L20} tends to be smaller in the cases of sample F45 with a high fine particle content of 45%.

The liquefaction resistance R_{L20} of both (1) F45O100 and (5) F45D95 is almost the same as 0.5; however, when the cyclic stress ratio R is higher, (5) F45D95 with lower degree of compaction on dryer side has a higher liquefaction resistance. It can be said that the specimen compacted on dryer side shows a higher liquefaction resistance is consistent with (8) F40XX (with only 5% or less fine particles), which showed extremely high liquefaction resistance.

However, the liquefaction resistance R_{L20} of (6) F45W95 compacted on a wetter side is as low as about 0.3, indicating that even with the same degree of compaction as the above two cases, there is a nearly double difference in liquefaction resistance depending on the compaction conditions.

The density of F45S90 after pouring the liquified sample is essentially equivalent to degree of compaction of 95%, but the liquefaction resistance is lower than that of the test cases with degree of compaction of 90% described below. These differences in liquefaction resistance for the cases with the same degree of compaction (i.e., dry density) indicate that the liquefaction resistance strongly influenced by the skeletal structure. However, the liquefaction resistance R_{L20} was about 0.2 in all the cases of (2) F45O90, (3) F45D90, and (4) F45W90 with a degree of compaction of 90%, indicating that there was almost no difference in the liquefaction resistance among them. In the loosely packed (0) FB45O72, which corresponds to the in-situ state at damaged earth fill in Satozuka District in the City of Sapporo, the liquefaction resistance of R_{L20} is less than 0.1, indicating that it is significantly liquefaction prone.

As some typical test results in which it required about 25 times of cyclic loading to reach double amplitude strain DA of 5%, observed data for (1) F45O100, (5) F45D95, (6) F45W95 and (3) F45D90 are shown in Figures 4, 5, 6 and 7, respectively.

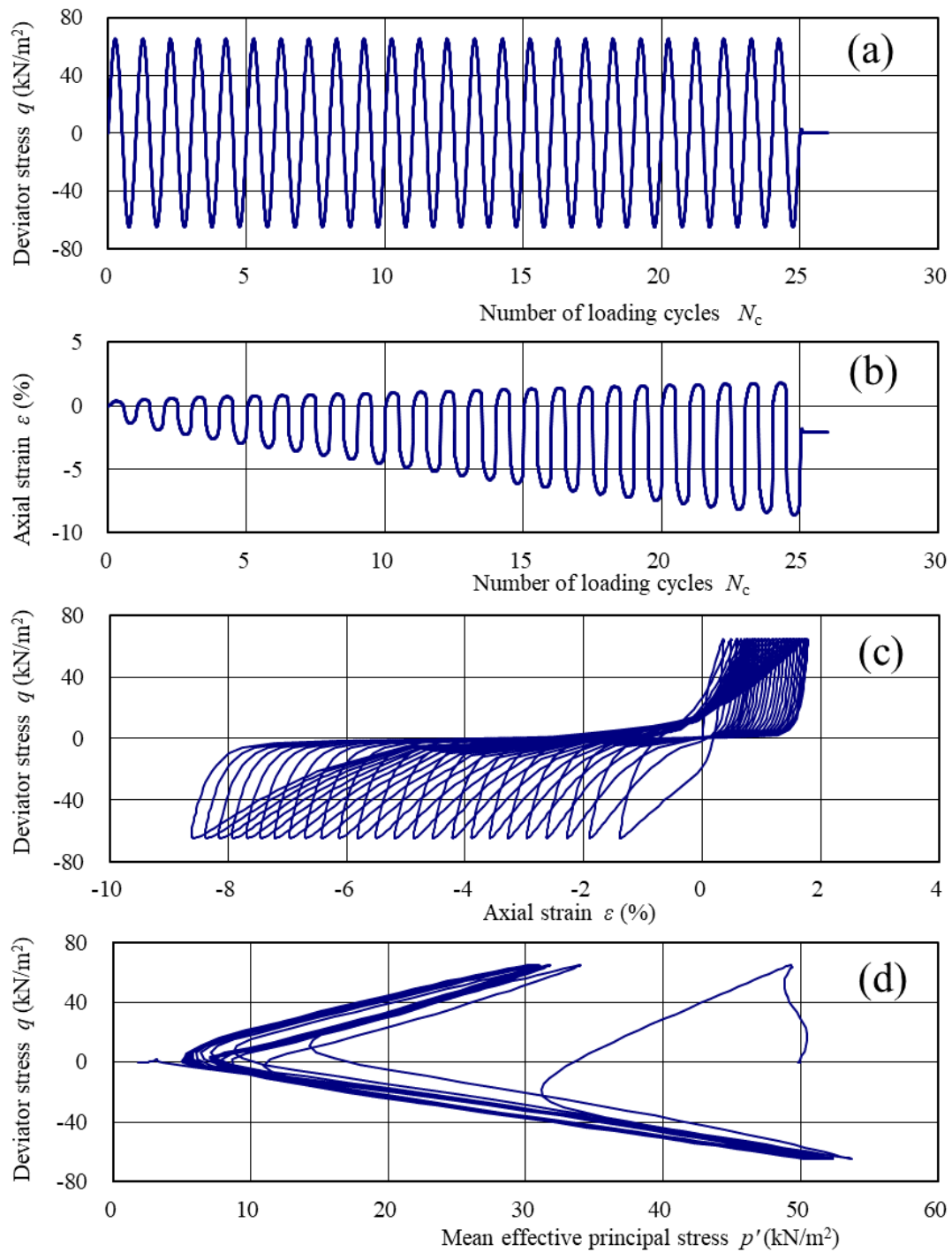


Figure 4. Test result of (1) F45O100

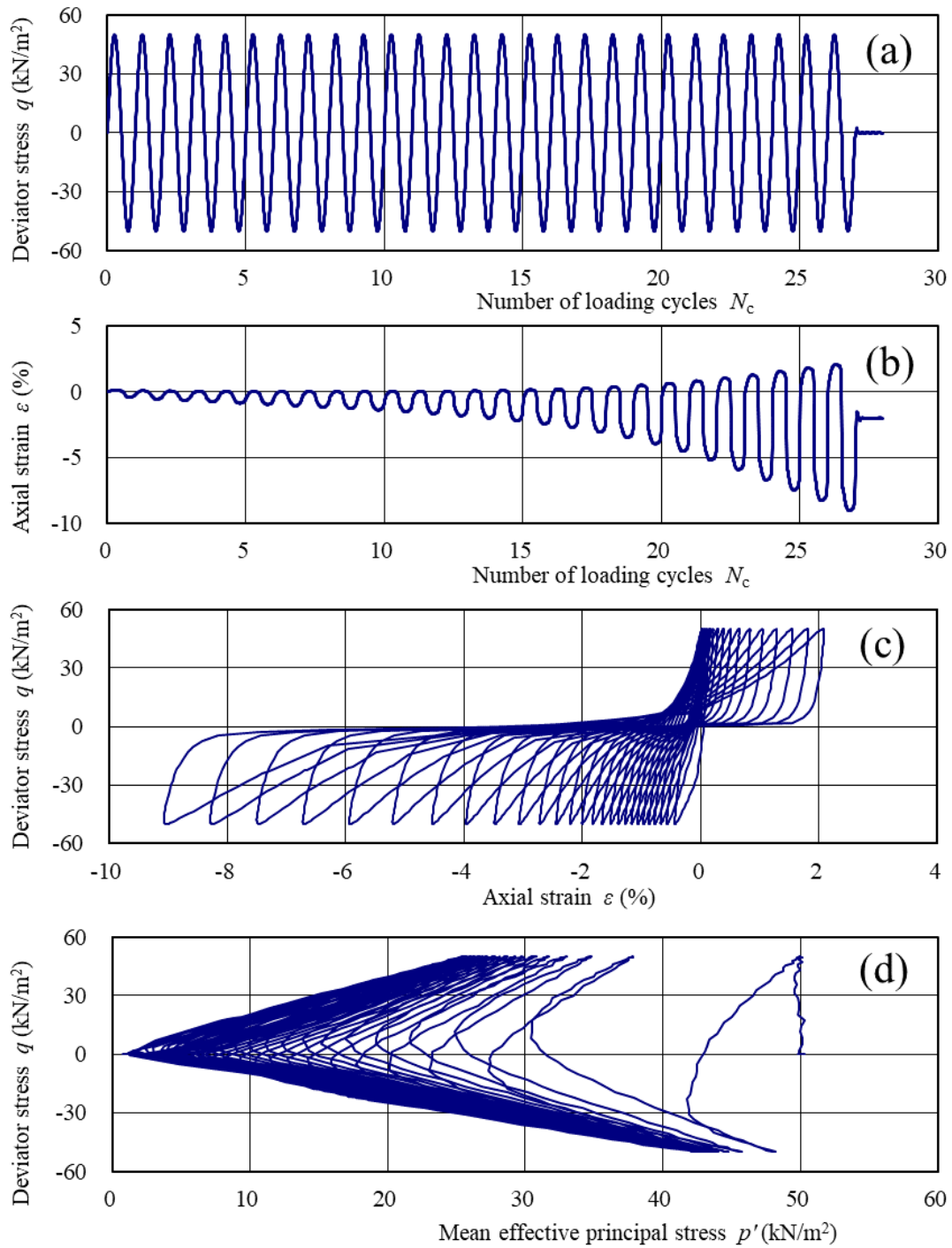


Figure 5. Test result of (5) F45O95

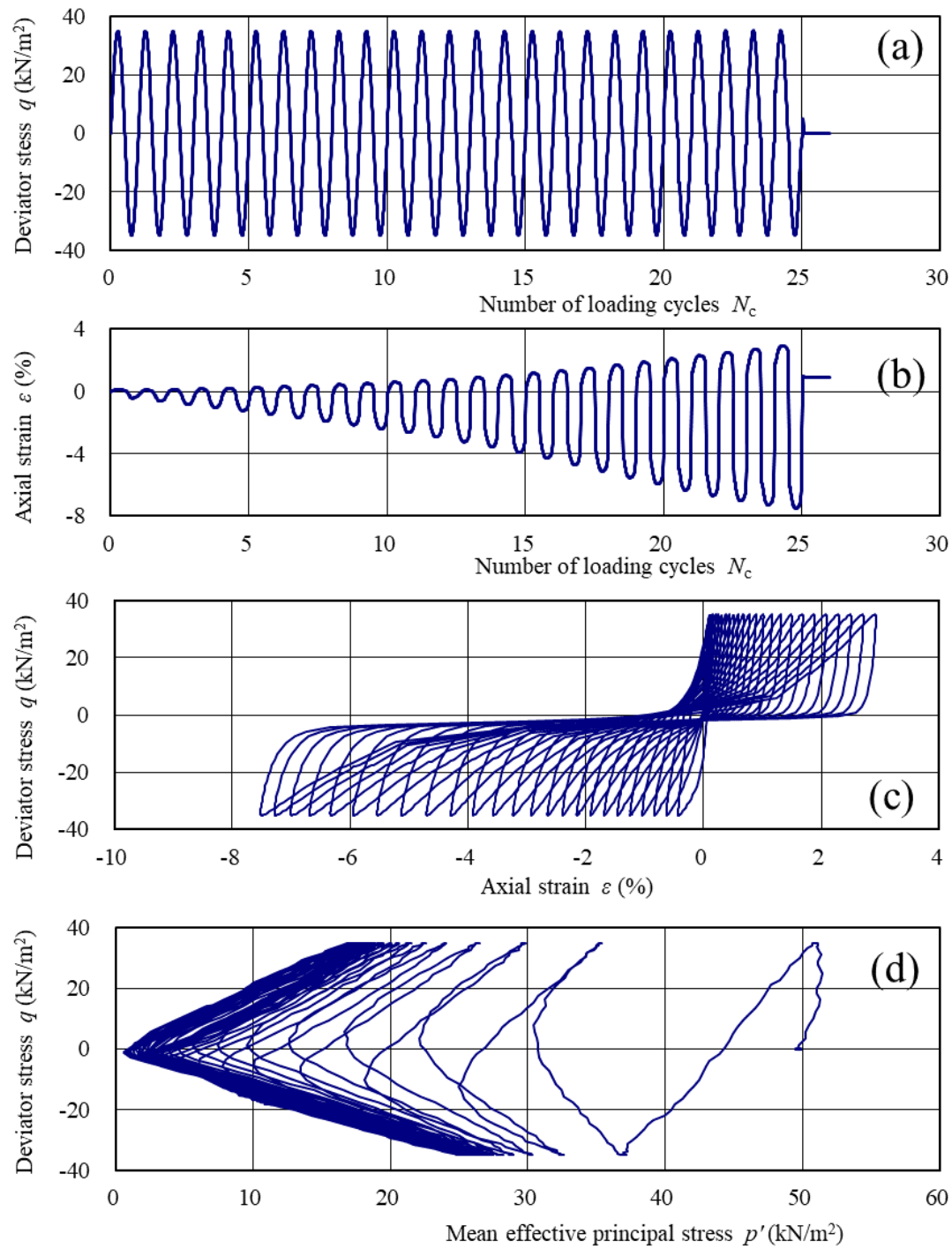


Figure 6. Test result of (6) F45W95

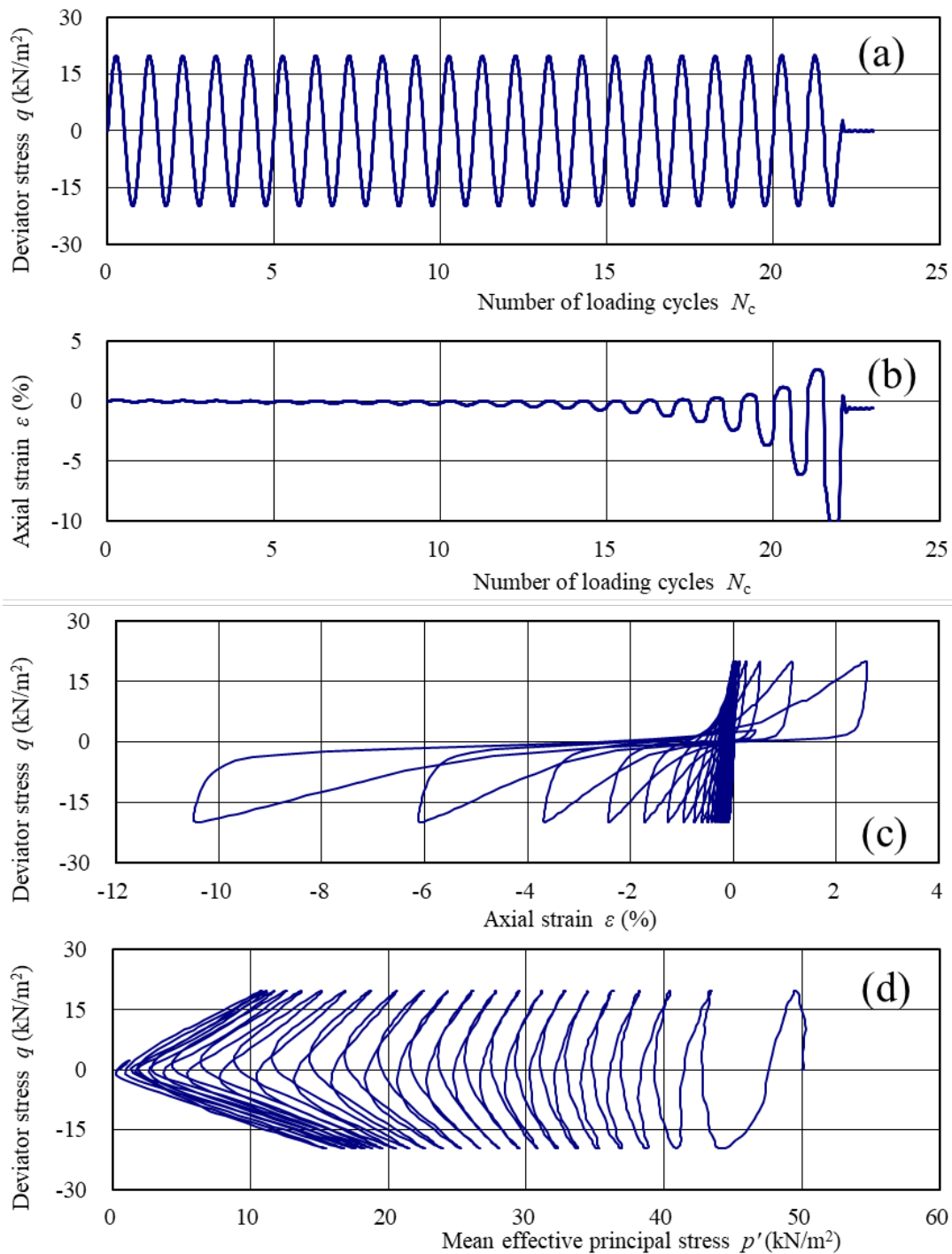


Figure 7. Test result of (3) F45D95

The strain amplitudes observed for (1) F45O100 and (6) F45W95, which were prepared at a high degree of saturation in densely compacted state, increased gradually by almost the same increment for each loading cycle. However, the effective stress path indicated almost liquefied state by only the first several loading cycles before double amplitude strain increased to 5%. It can be seen that because of the densely packed state, even if the effective stress is almost liquefied due to the generation of excess pore water pressure, there is tenacity against deformation.

On the other hand, in the densely packed case (5) F45D95 and the slightly loosely packed case (3) F45D90, which have a lower degree of saturation at compaction, the rigidity was maintained while the number of loading cycles was small, and then the strain amplitude suddenly increased significantly to reach liquefaction. This suggests that it lacks tenacity against liquefaction, and even if the liquefaction resistance R_{L20} is the same as in (1) F45O100 and (5) F45D95, indicating that the tenacity which does not appear in the index such as R_{L20} is very important to evaluate the performance of liquefaction resistance.

5. Conclusions

In the pumice sand (volcanic ash sand) collected from the earth fill at Satozuka District in the City of Sapporo, Japan, with a large amount of non-plastic fines examined in this study, the liquefaction resistance R_{L20} can be expected to be only about 0.2 at a degree of compaction of 90%, but if the soil is densified by compaction at a degree of compaction of 95% or more, the liquefaction resistance R_{L20} can be expected to be more than 0.3. Densification by compaction is required to increase liquefaction resistance. In addition, the skeletal structure is also important even at the same dry density (i.e., degree of compaction), and a higher liquefaction resistance can be expected under the compaction conditions on a dryer condition in water content at compaction. On the other hand, the tenacity for deformation in liquefaction under cyclic loading may be lost in the compaction conditions on the dryer condition, so the tenacity for liquefaction should also be noted.

Acknowledgments

The series of the cyclic loading undrained triaxial test was conducted by Mr. Tomomasa Nosaka and Mr. Shu Kyouno under supervision of Mr. Masanori Hatakeyama and Mr. Fumihiro Mochida of OYO Corporation. This study was conducted in a collaboration with Mr. Masato Sasaki of the City of Sapporo, Japan.

References

1. Ground movements and damage in Satozuka District, Sapporo due to 2018 Hokkaido Eastern Iburu Earthquake / Y. Watabe, S. Nishimura // *Soils and Foundations*. — 2020. — Vol. 60, No. 5. — P. 1331-1356.
2. Deformation-strength evaluation of crushable volcanic soils by laboratory and in-situ testing / S. Miura, K. Yagi, T. Asonuma // *Soils and Foundations*. — 2003. — Vol. 43, No. 4. — P. 47-57.
3. Effect of compaction conditions and fines content on cyclic undrained strength of saturated soils / S. Matsumura, F. Tatsuoka // *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. — 2018. — Vol. 118. — P. 152-161.
4. Influence of compaction conditions on pore size distribution and saturated hydraulic conductivity of a glacial till, Sapporo due to 2018 Hokkaido Eastern Iburu Earthquake / Y. Watabe, S. Leroueil, J.-P. Le Bihan // *Canadian Geotechnical Journal*. — 2000. — Vol. 37, No. 6. — P. 1184-1194.

Йоичи Ватабе

Хоккайдо Университеті, Саппоро, Жапония

Тығыздау жағдайларының пластикалық емес ұсақ фракциясы бар пемза құмының сұйылту сипаттамаларына әсері

Аңдатпа. Бұл зерттеу пемза құмының сұйылту сипаттамаларын зерттеп, тығыздау жағдайларымен байланысына ерекше назар аударды. Осы зерттеу нәтижесінде алынған жаңа нәтижелер келесідей қорытындыланады. Пластикалық емес бөлшектері көп пемза құмында R_{L20} сұйылтуға төзімділігі 90% тығыздау дәрежесінде шамамен 0,2 болады деп күтуге болады,

бірақ егер топырақ 95% немесе одан да көп тығыздау дәрежесіне дейін тығыздалса, оны 0,3 немесе одан да көпке дейін арттыруға болады. Сонымен қатар, рамалық құрылым құрғақ болған кезде де бірдей тығыздықта да маңызды және тығыздау кезінде су болған кезде тығыздау жағдайында жоғары сұйылтуға төзімділікті күтуге болады. Екінші жағынан, циклдік жүктеме кезінде сұйылту кезінде деформацияға төзімділік кептіргіште тығыздау жағдайында жоғалуы мүмкін, сондықтан сұйылтуға төзімділікті де ескеру қажет.

Түйін сөздер: пемза құмы, жанартау құмы, пластикалық емес бөлшектер, сұйылту, тығыздау шарты, үш осьті циклдік жүктемені сынау.

Йоичи Ватабе

Университет Хоккайдо, Саппоро, Япония

Влияние условий уплотнения на характеристики разжижения пемзового песка с непластичной мелкой фракцией

Аннотация. В этом исследовании были рассмотрены характеристики разжижения пемзового песка, уделяя особое внимание взаимосвязи с условиями уплотнения. Новые результаты, полученные в ходе этого исследования, резюмируются следующим образом. В пемзовом песке с большим количеством непластичных частиц можно ожидать, что сопротивление разжижению R_{L20} составит всего около 0,2 при степени уплотнения 90%, однако оно может быть увеличено до 0,3 или более, если грунт уплотняется путем уплотнения до степени уплотнения 95% или больше. Кроме того, каркасная структура также важна даже при той же плотности в сухом состоянии, и можно ожидать более высокой стойкости к разжижению в условиях уплотнения в более сухом состоянии при содержании воды при уплотнении. С другой стороны, устойчивость к деформации при сжижении при циклической нагрузке может быть утрачена в условиях уплотнения в сушилке, поэтому также следует учитывать устойчивость к сжижению.

Ключевые слова: песок из пемзы, вулканический песок, непластиковые частицы, сжижение, условие уплотнения, испытание на трехосную циклическую нагрузку.

References

1. Ground movements and damage in Satozuka district, Sapporo due to 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake / Y. Watabe, S. Nishimura // *Soils and Foundations*. — 2020. — Vol. 60, No. 5. — P. 1331-1356.
2. Deformation-strength evaluation of crushable volcanic soils by laboratory and in-situ testing / S. Miura, K. Yagi, T. Asonuma // *Soils and Foundations*. — 2003. — Vol. 43, No. 4. — P. 47-57.
3. Effect of compaction conditions and fines content on cyclic undrained strength of saturated soils / S. Matsumura, F. Tatsuoka // *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. — 2018. — Vol. 118. — P. 152-161.
4. Influence of compaction conditions on pore size distribution and saturated hydraulic conductivity of a glacial till, Sapporo due to 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake / Y. Watabe, S. Leroueil, J.-P. Le Bihan // *Canadian Geotechnical Journal*. — 2000. — Vol. 37, No. 6. — P. 1184-1194.

Information about author:

Yoichi Watabe – Dr. Eng., Professor, Hokkaido University, Sapporo, Japan.

Йоичи Ватабе – инженерия докторы, профессор, Хоккайдо университеті, Саппоро, Жапония.

Йоичи Ватабе – доктор инженерии, профессор, Университет Хоккайдо, Саппоро, Япония.

Zh. Shakhmov*, G. Tleulnova

*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
E-mail: *zhanbolat8624@mail.ru, gulshattleulnova23@mail.ru*

Investigation of boring pile integrity of road systems in engineering-geological condition of Kazakhstan

Abstract. *The paper considers the testing of pile foundations for continuity at Atbasar pipeline facility. For testing monolithic concrete and reinforced concrete structures, a variety of the pit (pile integrity test) method is used – low-deformation dynamic tests. This is the most modern technique in the world practice of recent years. It allows you to check the continuity of all types of monolithic concrete and reinforced concrete structures, including concrete (reinforced concrete) piles, to identify defects in them. Based on the obtained pile data, as a result of testing for the continuity of foundations, the number of non-defective piles and defective piles are reflected, and solutions are proposed to ensure the reliability and safety of the pipeline operation. A total of 10 bored piles, which were located in 4 separately standing foundations, were investigated in the work. The results showed that 3 piles could have defects in the form of cracks or narrowing of the cross-section of the bored piles.*

Keywords: *pile tests, highway, overpass, defects.*

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-19-25

Introduction

For many years scientists have been studying geotechnical problems associated with the railway [1]. Particularly important is the quality construction of elevated structures over railroads. It is very important in this case correctly and qualitatively build the foundations for these structures.

In Kazakhstan, the actual problem is the main track at the intersection of the railway with the highway, which lead to accidents and other risks.

The construction of overpasses serves not only for the safety and reliability of main roads, but also for the operation of communications.

Tests of piles integrity were carried out at the construction site is “Reconstruction of the Heat Supply Network Over the Railway Line in Atbasar” [2].

According to the geological conditions, the soils are weak. Bored piles were used in the project. 10 bored piles with a diameter of 300 mm were subjected to tests.

The purpose of the tests is to determine the depth of immersion of piles and to identify defects. Tests of piles for continuity were carried out in accordance with the requirements regulated by standard [3-4].

The work of checking of piles integrity by a non-destructive method is divided into two stages:

- testing of piles at the construction site;
- interpretation of the received information with the help of special software.

The pile tests were carried out on August 14, 2018. The outside air temperature at the time of the test was +30°C. Figures 1 and 2 illustrate the construction site.



Figure 1. General view of the construction site

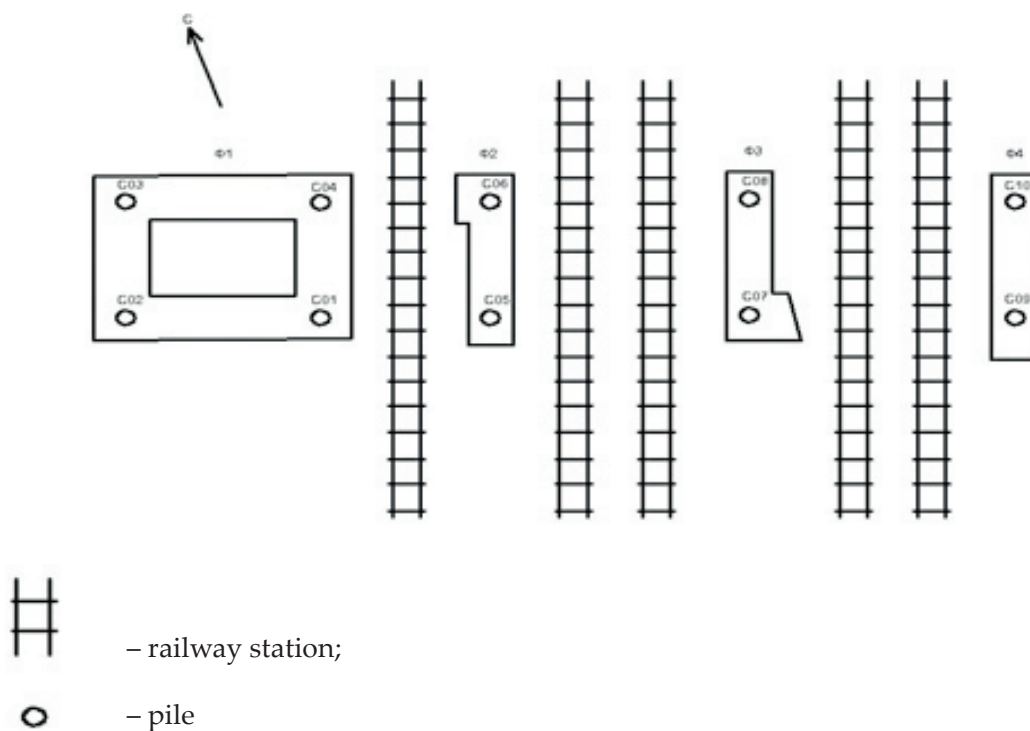


Figure 2. General view of the site

Research methods

Pile test's is a user-friendly, highly flexible solution for testing a large number of deep foundations quickly and accurately [5–7].

The principle of this method is based on recording the parameters of elastic waves generated in the monitored objects (piles) by means of an impact pulse, transmitted to the pile face [8-9].

The method involves:

- performing a mechanical impact with a hammer, carried out in parallel to the longitudinal axis of the pile parallel to the longitudinal axis of the pile;
- measuring, by means of a sensor (accelerometer) mounted on top of the pile, the amplitude of the vibrating wave induced by the impact sensor (accelerometer) installed on top of the pile, measuring, through a sensor (accelerometer), the amplitude of the vibrating wave induced by the impact.

Calculation of the distance L from the point of reflection:

- either the duration of the reflected longitudinal wave from the time domain of the signal (1):

$$L = 0.5 \times C \times \Delta t \quad (1)$$

- or frequency deviation from the time of signal reception in the frequency domain (2):

$$L = 0.5 \times C / \Delta f \quad (2)$$

Requiring little-to-no training, PET is a modular, computer-independent system that connects to any compatible computer protocol.

The PET system utilizes the pulse-echo method [4, 5]. To test a pile, the use strikes it with PET's lightweight handheld hammer. The resulting signal, or reflectogram, is captured and transferred, providing real-time information about the length and shape of the pile (Fig. 3).



Figure 3. General view of the pile grillage

Results and discussion

The modulus of elasticity and concrete density for determining the wave velocity in the case of bored piles (and other types of piles installed in situ), it is recommended to use modulus and density values based on experimental studies (actual values at the time of testing) in accordance with the requirements of current regulations (fig. 4)



Figure 4. Testing procedure with PET

Install the sensor on the head of the pile, having previously placed a connecting element that promotes the propagation of mechanical waves. Make sure that external sources of vibration do not make additional measurements.

Make a hammer blow on the head of the pile parallel to the longitudinal axis. Visualize and register the signal. To obtain three signals suitable for processing in a similar way.

Table 1. Results of testing piles

No	Pile	Depth (m)	Remarks
1	C01	5.9	Crack or narrowing in cross section at a depth of 2.5 m
2	C02	5.6	No defects found
3	C03	4.7	No defects found
4	C04	6.6	No defects found
5	C05	6.1	Crack or narrowing in cross section at a depth of 3.3 m
6	C06	6.5	No defects found
7	C07	5.0	No defects found
8	C08	5.3	Crack or narrowing in cross section at a depth of 2.3 m
9	C09	3.7	No defects found
10	C10	3.4	No defects found

If piles that do not have access to the head need to create conditions for carrying out a blow parallel to the longitudinal axis of the pile in the following way: make a niche in the pile shaft and prepare a vertical surface sufficient for testing, but not less than 10x10x15 (width, length, height) (fig.5)

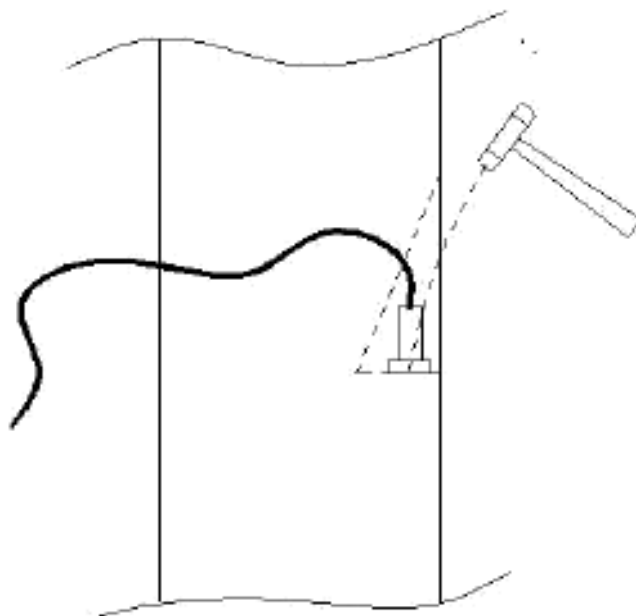


Figure 5. Vertical surface preparation

Conclusion

It can be noted that the continuity test is an important procedure for evaluating the quality of the foundation. The test itself is a check to determine the quality of the work to be done. Due to the results obtained it is possible to additionally recalculate and determine the final bearing capacity of the piles.

According to the results of these tests, the following is recommended:

If necessary, in agreement with the design organization, test piles (which showed a shorter length compared to the design one or turned out to be defective) to determine the actual bearing capacity;

For inspection of piles that do not have access to the head is recommended excavate the soil from the accessible side of the tested pile to a depth of 1-2m, depending on the depth of the tip immersion.

References

1. A railway accident prevention method based on reinforcement learning – Active preventive strategy by multi-modal data - ScienceDirect <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0951832023000510> (accessed: 03.2023)
2. Report of Atbasar city Highway – 2018.
3. Regulatory and technical manual RK 07-02.2-2011 Pile integrity testing. A.: Standards, 2015.
4. Features of the assessment of the continuity of piles by the method of seismoacoustic flaw detection [Text] / D.E. Nikolaevich, K.B. Sergeevich, B.D. Gennadievich // Construction: Science and education. – 2022. – № 1. – С. 49–60.

5. Pile integrity testing and analysis / F.R. Kung G. Likins, Shen Ren // Application of Stress-wave Theory to Piles Routledge, 1992.
6. Theoretical analysis of three-dimensional effect in pile integrity test [Text] / X. Liu, M. Hesham El Naggar, K. Wang, W. Wu // Computers and Geotechnics. – 2020. – Vol. 127. – P. 103765. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2020.103765>
7. Analytical Study of Employing Low-Strain Lateral Pile Integrity Test on a Defective Extended Pile Shaft [Text] / J. Wu, M.H. El Naggar, K. Wang, X. Liu // Journal of Engineering Mechanics. – 2020. – Vol. 146, No. 9. – P. 04020103. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EM.1943-7889.0001841](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0001841)
8. G. Likins and F. Rausche. Recent advances and proper use of PDI low strain pile integrity testing // Proceedings of the 6th International Conference on the Application of Stress- Wave Theory to Piles.- Sao Paulo, Brazil, 2000. - p. 211-218
9. Effects of the Source on Wave Propagation in Pile Integrity Testing | Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering | Vol 136, No 9 [Electronic resource] [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0000272](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000272) (accessed: 03.2023)

Ж.А. Шахмов, Г.Т. Тлеуленова

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Қазақстанның инженерлік-геологиялық жағдайларында жол жүйелеріне арналған бұрулған қадаларды зерттеу

Аңдатпа. Мақалада Атбасардағы құбыр объектісіндегі сабақтастық үшін қадалардың іргетастарын сынау қарастырылады.

Монолитті бетон және темірбетон конструкцияларын сынау үшін шұңқыр әдісінің бір түрі қолданылады (қадалардың тұтастығын тексеру) – деформациясы төмен динамикалық сынақтар.

Бұл соңғы жылдардағы әлемдік тәжірибедегі ең заманауи әдіс. Ол монолитті бетон және темірбетон конструкцияларының барлық түрлерінің, соның ішінде бетон (темірбетон) қадалардың тұтастығын тексеруге, олардағы ақауларды анықтауға мүмкіндік береді.

Қадалар туралы алынған мәліметтер негізінде іргетастардың үздіксіздігіне тестілеу нәтижесінде ақаулы қадалар мен ақаулы қадалардың саны көрсетіледі және құбырды пайдаланудың сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін шешімдер ұсынылады.

Түйін сөздер: тестілер, эстакада, деформация, дефектілер.

Ж.А. Шахмов, Г.Т. Тлеуленова

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Исследование буронабивных свай на сплошность дорожных систем в инженерно-геологических условиях Казахстана

Аннотация. В статье рассматривается испытание свайных фундаментов сплошности на трубопроводной магистрали в г. Атбасар.

Для испытания монолитных бетонных и железобетонных конструкций используется разновидность метода котлована (проверка целостности свай) – динамические испытания с низкой деформацией.

Это самая современная методика в мировой практике последних лет. Она позволяет проверить целостность всех типов монолитных бетонных и железобетонных конструкций, включая бетонные (железобетонные) сваи, выявить в них дефекты.

На основании полученных данных о сваях, в результате тестирования на непрерывность фундаментов отражается количество бездефектных свай и дефектных свай и предлагаются решения для обеспечения надежности и безопасности эксплуатации трубопровода.

Ключевые слова: тесты, эстакада, деформация, дефекты.

References

1. A railway accident prevention method based on reinforcement learning – Active preventive strategy by multi-modal data – ScienceDirect <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0951832023000510> (accessed: 03.2023)
2. Atbasar k. magistral' turaly esebi – 2018.
3. Normativno-tehnicheskoe posobie RK 07-02.2-2011 Pile integrity testing. A.: Standards, 2015.
4. Osobennosti ochenki sploshnosti svaj metodom sejsmoakusticheskoy defektoskopii [Text] / D.E. Nikolaevich, K.B. Sergeevich, B.D. Gennadievich // Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie. – 2022. – № 1. – С. 49–60.
5. Pile integrity testing and analysis / F.R. Kung G. Likins, Shen Ren // Application of Stress-wave Theory to Piles Routledge, 1992.
6. Theoretical analysis of three-dimensional effect in pile integrity test [Text] / X. Liu, M. Hesham El Naggar, K. Wang, W. Wu // Computers and Geotechnics. – 2020. – Vol. 127. – P. 103765. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2020.103765>
7. Analytical Study of Employing Low-Strain Lateral Pile Integrity Test on a Defective Extended Pile Shaft [Text] / J. Wu, M.H. El Naggar, K. Wang, X. Liu // Journal of Engineering Mechanics. – 2020. – Vol. 146, No. 9. – P. 04020103. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EM.1943-7889.0001841](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0001841)
8. G. Likins and F. Rausche. Recent advances and proper use of PDI low straing pile integrity testing // Proceedings of the 6th International Conference on the Application of Stress- Wave Theory to Piles.- Sao Paulo, Brazil, 2000. - p. 211-218
9. Effects of the Source on Wave Propagation in Pile Integrity Testing | Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering | Vol 136, No 9 [Electronic resource] [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0000272](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000272) (accessed: 03.2023)

Information about authors:

Zh. Shakhmov – PhD, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

G. Tleulnova – PhD, acting Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Ж.А. Шахмов – PhD, доцент, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Г.Т. Тлеуленова – PhD, и.о. доцента, кафедра Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Ж.А. Шахмов – PhD, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Г.Т. Тлеуленова – PhD, доценті м.а., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

А.К. Байдабеков¹, Э.А. Кемелбекова¹, Б.Ж. Ермекбаев²

¹Л.Н. Гумилев атындағы Евразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

²Астана құрылыс материалдары, Астана, Қазақстан

E-mail: a.baydabekov@mail.ru, e.kemelbekova@mail.ru, ebakitgan@mail.ru

Дөңес шатыр – күмбез бетінің атауының қалыптасуы мен бетті жаңа жобалау тәсілі

Аңдатпа. Мақалада күмбез атауының қайдан пайда болғаны және киіз үйдің күмбез бетіне қатысы барын қарастырдық. Сонымен қатар күмбез бетті жобалаудың жаңа түрі көрсетілген. Бұл зерттеуде биквадратты түрлендірудің графикалық үлгісін пайдаланып, түрленетін түзу сызықтың, яғни n прообраздың әр нүктесі күмбез бетінің қимасын құрайтын нүктелерге түрленеді, ал түрленіп отырған түзу сызық күмбез бетінің қимасын береді. Содан соң табылған күмбез бетінің осы қимасын Ox_2 тік қимасына қатысты айналдырып, іздеп отырған күмбез бетін аламыз. Алынатын күмбез беті алдын ала талаптарға сәйкес жобалау кезінде қиманың пішімі мен өлшемдері беріледі. Сондықтан күмбез беттінің қимасын, яғни күмбезді қисық беттің жобасын жобалау кезде ұсынып отырған биквадратты түрлендіру әдісі жобалаушыларға тәжірибелік тұрғыдан оңай және жеңіл әдіс болып табылады. Бұл ұсынып отырған әдіс өзінің қарапайымдылығымен әр түрлі осындай қисық беттерді және инженерлік есептерді шешуге арналады.

Түйін сөздер: күмбез беті, күмбез қаңқасы, күмбез түрлері, гомбәд, биквадратты түрлендіру, геометриялық түрлендіру, биквадратты түрлендіруінің графикалық үлгісі.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-26-35

Кіріспе

Құрылыста күмбез беті қабықшаларын жобалау кезінде осы беттің пішімінің әдемі және сұлу болуы, сонымен бірге күмбез бетінің аэродинамикалық сипаттамасы мен беттің бүйір бетінің ауданы мейлінше минимальды болуы ескерілді. Сонымен қатар күмбез беттің жобалауы мен оның құрылысы, яғни салынуы едәуір аз уақыт пен әр түрлі құрылымдарын азайтуды қажет етеді. Сондықтан құрылыста күмбез беті қабықшалар бетін құрылымдауы сәулеттік жобалауда өзекті мәселе болып табылады [3, 13].

Ежелде құрылыс саласы өркендеу дәуірінде үйлер мен ғимараттардың үстін жабу кезінде, яғни шатырларын конструкциялардың әр түрлі болып дамуы олардың аттарының қалыптасуына әсер етті. Орта ғасырда араб халипатының пайда болуы, әр түрлі ғылымдардың осы кезде дамуы әр түрлі салаға әсер етті. Шатырлардың атауын арабтар «Құбба» деп атады. Мұның қазақ тіліндегі мағынасы «төңкерілген аспан» деген сөз болады. Арабтармен қатар парсы тілінің ықпалы да біздің сөз байлығымызға әсер етті. Парсы тілінде төңкерілген аспан шатырлары «Гомбәд» деп аталды. Бұл сөздің аудармасы «дөңес шатырды» деп аталады. Келе бұл сөз «Күмбез» сөзіне айналып халықтың санасына сіңіп кеткен.

Сонымен «Күмбез» беті дегеніміз үлкен аралықтарда қолданылатын шатыр құрылымдарының кең таралған түрін айтады. Мұндай жабындардың металл нұсқаларын таңдау үнемділікке, материал сыйымдылығына және құрылымдарды орнатудың аз еңбек сыйымдылығына байланысты. Ежелгі кезден күмбез беттерін негізінен тастан немесе күйген кірпіштен жасалған. Бұл ежелгі күмбездердің табандарының диаметрлері, яғни максималды ұзындығы 40 м-ге дейін болған, мысалға Сирияда, Ежелгі Римда, Иранда, Месопотамия және Орта азияда [6, 7]. Осындай кірпіштен салынған Орта ғасырда орталық Азиядағы ең үлкен күмбез беті Түркістан қаласындағы Қожа Ахмет Ясауи кесенесіндегі күмбез болып табылады. Әрине керамикалық кірпіштен салынған күмбез беттің қабырғасы қалыңдап, салмағы өседі. Қазіргі заманауи уақытта күмбез бетін, яғни күмбездер құрылыс басында металл және темірбетон конструкцияларын қолданып, олардың аралықтары ұзартуға немесе кеңітуге және қабықшалары ана ғұрлы азайтуға мүмкіндік пайда болды. Күмбез беті – бұл негізінен үш элементтен тұрады, яғни аралық жүйесі: төменгі тірек сақинасы, қабық, жоғарғы тірек сақинасы [8].

Сонымен қатар күмбез беттері геометриялық сұлбаларына байланысты беттердің құрылымдық қаңқалары негізінен үш түрге бөлінеді: бірінші түрі – қырлы, яғни күмбез бетінің қимасының жартысын бөліп алып құрау; екінші түрі – қырлы-сақиналы, яғни бетінің қимасының жартысын вертикалды түрде жинап, әр түрлі деңгейде жер бетіне параллель сақиналармен құрау; ал үшінші түрі – торлы [3, 4]. Күмбездердің басым көпшілігі негізінде жарты сфера тәрізді етіп салынған.

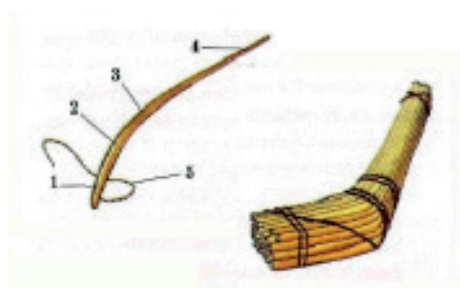
Бұл жұмыста жоғарыда көрсетілген қаңқалы күмбез бетінің жобалауын биквадратты түрлендіруін пайдаланып күмбездің қаңқасын кез келген пішімде жасауға болатын әдісін қарастырамыз.

Дөңес шатыр – күмбез бетінің атауының пайда болуы

Қазақтардың пайдаланып жүрген киіз үйлері қола дәуірінен басталады деп тұжырымдайды тарихшылар. Біздің дәуірімізге дейін 7 ғасыр бұрын халық арасында кеңінен қолдана бастаған. Міне осындай киіз үйдің табаны мен қабырғасы шеңбер болса, ал төбесі дөңгелек жарты ай тәрізді болып келген. Киіз үйді қыста шошайтып ал жазда жайып тігетін болған, сондықтан төбесінің пішімі де өзгеріп отырған. Бірақ бәрібірде киіз үйдің пішімін сақтаған. Ертеде қазақтар тұрған үйлерін «Шошала» деп атаған [1]. Бұл шошаланы ағаштан торлап немесе тастан дөңгелек жарты ай сияқты етіп жасалады. Киіз үй өз құрылымына байланысты кереге, уық және шаңырақтан тұрады. Үйдің қабырғасы кереге, яғни бірнеше қанаттан тұрса, ал төбесі немесе жабыны уық пен шаңырақтан құралған дөңгелек жарты ай тәрізді құрылымнан тұрады. ХVІV ғасырдың бірінші жартысына дейін қазақ киіз үйлері 12, 15 және 18 қанаттан тұрған. Бұл үйлердің төбелері «күмбез» тәрізді тіреусіз жарты ай секілді болған. Яғни күмбез атауының ежелгі шығуы тарихы тереңде жатыр. Бұл сөз ежелгі түрік тілінде екі буыннан тұрады «күм» және «онсыз». Мағынасы «қойма», «сздан жасалған жабын», «жер» және «топырақ» деген сөздерді береді. Ал қазақ тілінде «төбе» деген мағына береді. Себебі қайтыс болған адамдарға ескерткіш ретінде саз балшықтан жасалған кірпіштен каланған мазарларды айтады. Бұл туралы 1860 жылы орыс саяхатшысы М.И. Венюков өзінің қол жазбаларында атақты адамдарына арналған ежелгі ескерткіштері мен ата-бабаларының қабірлерін құрметтейтін, сонымен қатар қабірлердің үстіне тас қабрғалары бар жарты айшық пішінді қабірлер тұрғызатынын атап кеткен [2].

Жарты айшық тәрізді дөңгелек жабынды киіз үйдің үстінгі жағын алып қайтыс болған адамның үйшігі ретінде жасаған. Бұл киіз үйдің қаңқасының негізгі құрамы уық пен шаңырақтан тұрады. Үйдің уық жасалуына, яғни иілуіне байланысты бірнеше бөліктерден тұрады және бөліктердің өз аттары бар. Уықтың керегемен байланатын бір үшін доғаға ұқсас болуына байланысты оның атын «доғалай» (1) дейді. Ал уықтың иілген жерін «иығы» (2) деп атайды. Иық киіз үйге түскен жүкті көтеріп тұратын уықтың бөлігі болып табылады. Ал уықтың үшін төрт қырлы етіп ұштап шаңырақ көзіне қадалатын

бөлігін «қалам» (4) дейді. Осы қалам мен уықтың иыққа дейінгі түзу бөлігін «қары» (3) деп атайды. Уықтың доғалайын тесіп жіңішке қылдан жасалған бауды «уықбау» (5) деп атайды. Міне осы киіз үйдің уықтарынан жиналып «күмбез» бетінің қаңқасы пайда болады. Бұл уықтардан жиналған қаңқаның геометриялық пішімі үш сфераны жанап өтетін қисықтан құралады. Еліміз «араб халипаты» құрамында болғандықтан біздің сөз қорымызға араб тілінде «Құббағ» мағынасы «төңкерілген аспан» деген сөзі мен парсы тілінің «Гомбәд», яғни мағынасы «дөңес шатырды» деген сөздерінен «Күмбез» сөзі халыққа сіңіп кеткен.



Күмбез беттері Ежелгі Парсы және Римдік әлемінде кеңінен тараған. Дөңгелек табандары бар күмбездерден бөлек квадратты табандары бар күмбездер сол беттердің геометрикалық символикасын көрсетеді. Күмбезді кемелдіктің, мәңгіліктің және аспанның, ғарыштың моделі ретінде ерекше символикасын Ахемендтер мен үнді билеушілерінің Рим билеушілері еліктеп қабылдаған.

Биквадратты L_6 түрлендіруін қолдануымен қисықтарды алу

Күмбезді беттің қаңқасын жазық қисық сызық, яғни беттің қимасы түзу сызық ретінде әр түрлі тәсілдерімен беруге болады [4].

Ұсынылып отырған бұл тәсілде жазық қисық сызық күмбез бетінің қаңқасын n қисығы, яғни прообраз деп алып, биквадратты L_6 түрлендіруіне айналдырып, соның нәтижесінде образ – n' қисық сызығынақты қисығы табылады [4]. Басқа сөзбен айтқанда, n' образ қисығы n прообразы мен L_6 биквадратты түрлендірілуі арқылы беріледі.

Сонымен, бұл прообраз келесі теңдеумен беріледі:

$$x_2 = kx_1 + m,$$

мұндағы: k, m – тұрақты коэффициенттері (көрсеткіштері).

Биквадратты L_6 түрлендірілуі келесі теңдеумен беріледі:

$$\begin{cases} x'_1 = \sqrt{x_2^2 - x_1^2} \\ x'_2 = \sqrt{x_1^2 + x_2^2} \end{cases},$$

$$\begin{cases} \tilde{\alpha}_1 = \sqrt{\frac{\tilde{\alpha}_2'^2 - \tilde{\alpha}_1'^2}{2}} \\ x_2 = \sqrt{\frac{x_2'^2 + x_1'^2}{2}} \end{cases}$$

мұндағы: x'_1, x'_2 – образ нүктесінің координаттары;
 x_1, x_2 – прообраз нүктесінің координаттары.

$$\sqrt{\frac{x_2'^2 + x_1'^2}{2}} - k \sqrt{\frac{x_2'^2 - x_1'^2}{2}} - m = 0$$

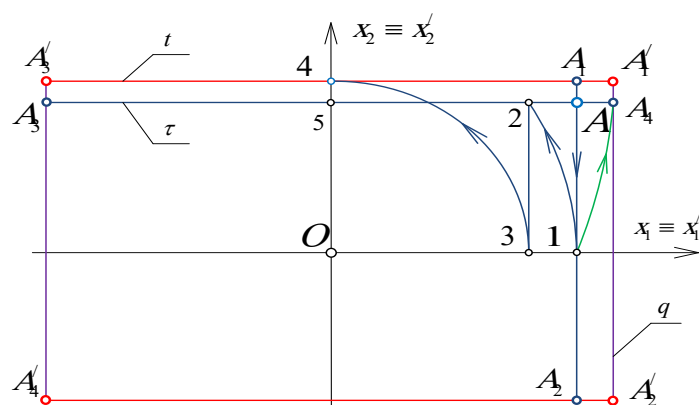
мұндағы: k, m – тұрақты коэффициенттері (көрсеткіштері).

Күмбез бетінің қаңқасын табу үшін, алдымен түзу сызық n прообраз ретінде алып, биквадратты L_6 түрлендірудің негізі беттің қаңқасы жазық қисық сызықты n' образын табамыз. Күмбез беті салу үшін, сол табылған жазық қисық сызықты, яғни n' образын өз осі бойымен айландырамыз [9, 10, 11].

Сонымен қатар, жазық қисық сызықты n' образын пішіні n прообраз теңдеуінің m және k көрсеткіштеріне, яғни коэффициенттерінің мәндеріне байланысты.

Биквадратты L_6 түрлендіруін графикалық түрінде орындау

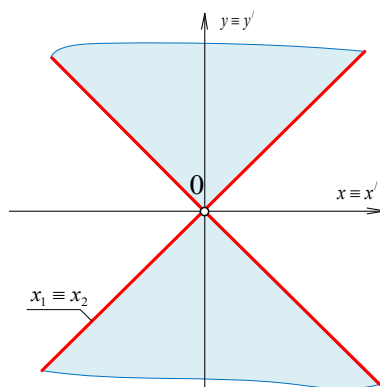
Биквадратты L_6 түрлендіруінің графикалық үлгісі түріндегі түрлендірілуі 1-ші суретте келтірілген, бұл жерде A (прообраз) нүктесінің A_1', A_2', A_3', A_4' (образдар) төрт нүктелеріне түрлендіруі салынған [5].



Сурет 1. Биквадратты L_6 түрлендірудің графикалық үлгісі

Алдымен A нүктесін аламыз, содан кейін осы нүктеден Ox_1 осіне перпендикуляр сәуле жүргізіп 1 нүктесін аламыз, Ox_1 осінен осы қиылысқан тік түзуді жүргіземіз. Сонымен қатар, берілген A нүктесінен Ox_1 осіне параллель τ түзуін жүргіземіз. 1 нүктеден 2 нүктеде τ түзуімен қиылысқанға дейін центрі O нүктесімен шеңбер жүргіземіз. 2 нүктеден 3 нүктеде Ox_1 осімен қиылысатын тік түзуді жүргіземіз. 3 нүктеден 4 нүктеде Ox_2 осімен қиылысқанға дейін центрі O нүктесімен шеңбер жүргіземіз. 4 нүкте арқылы Ox_1 осіне параллель t түзуін жүргіземіз. 1 нүктеден t түзуімен қиылысқанға дейін центрі 5 нүктесімен шеңбер жүргізіп A_4' нүктесін аламыз. A_4' нүктесінен q тік түзуін жүргіземіз. t және q түзулердің қиылысуы A_1' нүктесін анықтаймыз. Ox_2 осіне қатысты A_3' нүктесі A_1' нүктесіне симметриялы болады. Ox_2 осіне қатысты A_2' нүктесі A_1' нүктесіне симметриялы болады. Координата жүйесінің бастамасына A_4' нүктесі A_1' нүктесіне симметриялы болады.

2-ші суретте биквадратты L_6 түрлендіруі аясындағы түрлендіру болатын аймақ көрсетілген [12, 14].

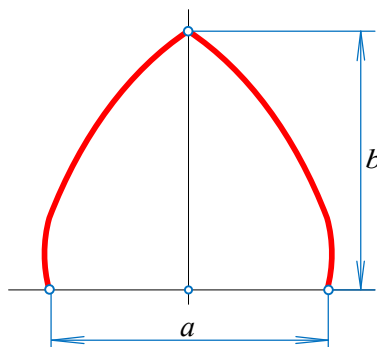


Сурет 2. Биквадратты L_6 түрлендіру аймағы

Күмбезді алдын ала берілген параметрлері бойынша жобалау

Күмбез бетінің қимасы, яғни қаңқасы жалпы жағдайда орналасқан түзу сызықтың биквадратты түрлендіруін пайдаланып анықтау есебін төменде қарастырылады.

Күмбезді жобалау үшін, алдымен күмбез бетінің қимасының (қаңқасының) биіктігі (b) мен табанының ұзындығы (a) (диаметр) беріледі (Сурет 3). Осы a және b параметрлерді пайдалана отырып беттің қимасын анықтау үшін биквадратты L_6 түрлендіру әдісін алып, беттің прообразы ретінде декартты координатар жүйесінде жалпы жағдайда орналасқан, $x_2=x_2'$ осіне 30^0 градус болатын түзу сызықты аламыз.



Сурет 3. Күмбез бетінің қимасы

Күмбез бетін құрылымдау үшін алдымен образдың мәнін алдын ала берілген параметрлері арқылы прообраздың параметрін, яғни қисық сызықты тауып аламыз. Бұл қисық сызық келесі төмендегі теңдеумен беріледі:

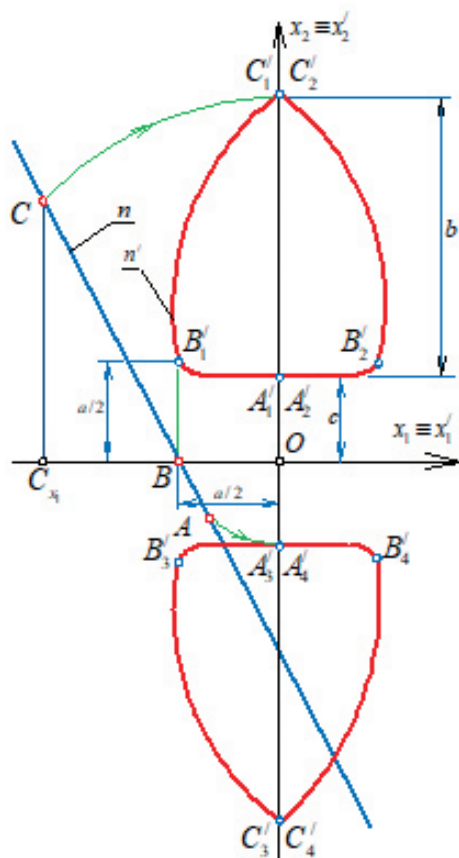
$$\begin{cases} x_1' = \sqrt{x_2'^2 - x_1^2} \\ x_2^1 = \sqrt{x_1^2 + x_2'^2} \end{cases}, \quad (1)$$

мұндағы: $x_1', x_2'^{-}$ образ нүктесінің координаттары;
 x_1', x_2^{-} прообраз нүктесінің координаттары.

Егер мысал қарастыратын болсақ, түрленетін түзу сызықты, яғни n прообразын 4-ші суретке сәйкес жалпы жағдайдағы түзу сызығы алып және оның теңдеуін келесідей етіп жазамыз:

$$x_2=kx_1+m, \quad (2)$$

мұндағы: k, m – тұрақты коэффициенттері.



Сурет 4. Төртінші ретті қисық (күмбездің қимасы)

Түзу сызықтың, яғни n қисық сызықтың прообраздың k және m көрсеткіштерін табу үшін биквадратты L_6 түрлендіруінің графикалық моделіне салып анықтаймыз. Бұдан бөлек түзу сызықтың басқа n прообраздары ретінде B мен C нүктелерін аламыз. Мұнда B прообраз – нүктесі және B_1' образ – нүктесі $a/2$ шамасына тең бірдей абсциссаға ие болады. B_1' және B_2' нүктелері 4-ші суреттегідей n' қисық сызығына сәйкес образының сыртқы пішін беретін нүктелері болып табылады. Осыған байланысты B нүктесінің координаттарына тең болады, сондықтан координаталар мәні төмендегідей болады:

$$x_{1B} = \frac{a}{2}, \tag{3}$$

$$x_{2B} = 0. \tag{4}$$

Биквадратты L_6 түрлендіруінің графикалық моделінің көмегімен C нүктесін түрлендіріп, Ox_2 осінде жататын $C_1'=C_2'$ және $C_3'=C_4'$ образ болатын нүктелерді тауып оске саламыз. Мұндағы $C_1'=C_2'$ образ болатын нүктелер $(0; b+c)$ координаталарына тең болады. Ал бұл C_1' нүктесіне координаттары $x_{1c}=x_{2c}$ шартын қанағаттыратын C нүктесіне сай келеді. Енді C_1' нүктесін анықтау үшін келесі теңдеу арқылы шешеміз:

$$x_{1c}^2 + x_{2c}^2 = (b+c)^2, \tag{5}$$

мұндағы c мәнін төмендегідей теңдеу арқылы табамыз:

$$c = \frac{m\sqrt{2}}{1-k}.$$

$x_{1c}=x_{2c}$ ескере отырып, (5) теңдеуден x_{1c} табамыз:

$$\tag{6}$$

$$x_{1c} = \frac{b+c}{\sqrt{2}} = x_{2c}$$

Түзу сызықтың n прообразының B және C нүктелері арқылы өтеді. Осы шартты ескере отырып, теңдеу жүйесін құрастырамыз:

$$\begin{cases} 0 = k \frac{a}{2} + m; \\ \frac{b+c}{\sqrt{2}} = k \frac{b+c}{\sqrt{2}} + m. \end{cases} \quad (7)$$

(7) теңдеу жүйесінің бірінші теңдеуінен, m мәнін тауып аламыз:

$$m = -k \frac{a}{2} \quad (8)$$

Келесі m мағынасын анықтау үшін (7) жүйесіндегі екінші теңдеуіне екінші теңдеуіне қойып, k көрсеткішін анықтаймыз:

$$k = \frac{\sqrt{2}(b+c)}{\sqrt{2}(b+c) - a} \quad (9)$$

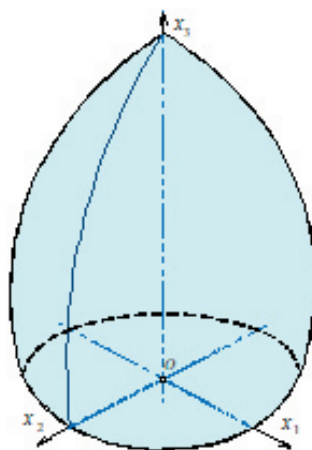
Енді (9) теңдеуіне (8) теңдеуіне қойып, m мәнін тауып аламыз:

$$m = -\frac{a}{2} \left(\frac{\sqrt{2}(b+c)}{\sqrt{2}(b+c) - a} \right)$$

Осыдан кейін түзу сызықтың n прообразын биквадратты L_6 түрлендіруінің графикалық модельге салып, алдын ала берілген шарттарды қанағат ете алатын күмбез бетінің іздеп отырған қимасын тауып аламыз. Бұл қима сызығының теңдеуі түрлендіруіне айналдырып алдын ала берілген шарттарға қанағат ететін күмбездің келесідей өрнекпен жазылады:

$$\sqrt{\frac{x_2'^2 + x_1'^2}{2}} - \frac{\sqrt{2(\hat{a} + \hat{n})}}{\sqrt{2(\hat{a} + \hat{n})} - \hat{a}} \sqrt{\frac{x_2'^2 - x_1'^2}{2}} - \frac{\hat{a}}{2} \left(\frac{\sqrt{2(\hat{a} + \hat{n})}}{\sqrt{2(\hat{a} + \hat{n})} - \hat{a}} \right) = 0 \quad (10)$$

Сонымен прообразын биквадратты L_6 түрлендіруінің графикалық моделін пайдаланып, түзу сызықтың n прообразының әр нүктесін күмбез бетінің қимасы болатын қисық сызықтың төрт нүктесіне түрленеді. Егер табылған күмбез бетінің қимасын Ox_2 осі бойымен айналдыратын болсақ, онда іздеп отырған күмбез бетін аламыз (Сурет 5).



Сурет 5. Күмбез бетті

Қорытынды

Мақалада күмбез бетінің атауының қайдан пайда болғаны және ежелден келе жатқан қазақ халқының тұрағы киіз үйдің күмбез бетіне қатысы бары анықталды. Бұдан бөлек биквадратты L_6 түрлендіруінің гафикалық моделін пайдаланып, түзу сызықтың әр нүктесін күмбез бетінің қимасы болатын қисық сызықтың төрт нүктесіне түрлендіре отырып күмбез беті анықталды. Беттің алдын ала пішімдері белгілі болған жағдайда ұсылып отырған әдіс тиімді әрі оңай салынады болады. Тағы да күмбез бетінің әр қимасы бір теңдеумен берілетін болғандықтан компьютердің көмегімен бетті салу, яғни мұндай инженерлік есептерді шешу анағұрлым жеңілдейді. Көбіне күмбезді беттер жарты сфера секілді беттер болып келсе бұл биквадратты түрлендіру әдісін пайдаланып қаңқасы кез келген пішімде жобалап жасауға болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Кривцова-Гракова О.А. Общие сведения о ранних кочевниках Средней Азии и их группировках. – М.: МГУ – 1944.
2. Венюков М.И. Путешествия по окраинам Русской Азии и заметки о них. – СПб.: Тип. Имп. Акад. Наук. 1868 – 234 с.
3. Лишницкий М.Е. Купола. Расчет и проектирование. – Л.: Стройиздат. – 1973 -129 с.
4. Нурмаханов Б.Н. Разработка алгоритмов моделирования нелинейных точечных соответствий плоскости, порождаемых установлением бинарных моделей поверхностей, и их практическое применение: автореф.... канд. техн. наук: 05.01.01. – Киев: – 1978 -18 с.
5. Мелик-Саргсян Г.С. Дву-двузначные квадратичные преобразования и их использование для конструирования поверхностей и сжатия графической информации: автореф ... канд. техн. наук. – М.: МАИ. – 1984 -61 с.
6. Кузнецова В.В. Металлические конструкции: справочник проектировщика: в 3-х т. / Стальные конструкции зданий и сооружений. – М.: АСВ, 1998. – 512 с.
7. Тур В.И. Купольные конструкции: формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности: – М.: АСВ, 2004. – 96 с.
8. Энгель Х. Несущие системы / пер. с нем. Л.А. Андреевой. – М.: АСТ. – 2007. – 344 с.
9. Байдабеков А.К. Биквадратичные преобразования. – Минск: БНТУ, 2013. – 188 с.
10. Короткий В.А. Квадратичное преобразование плоскости, установленное пучком конических сечений. – Омск: Вестник. № 6. – 2010 – С. 9–14.
11. Вергинская Н.Д. Моделирование поверхностей в методе двух изображений в начертательной геометрии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – М.: МАИ, 2016. – № 1–3. С. 334–338.
12. Baidabekov A.K., Baymukhanov S.K., Kemelbekova E.A. Graphical model of the biquadratic transformation // 18 th international conference on geometry and graphics // ISGG, 2018 – 3–7 august.- Milan: P. 149–160.
13. Байдабеков А.К. Метод конструирования поверхности с использованием биквадратичных преобразований // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Градостроительство [Электронный ресурс]. – Самара: СГТУ.- 2018 – С. 177-184.
14. Baidabekov A.K., Kemelbekova E.A. Areas for the existence of biquadratic transformations. IOP Conf. -2019 – Series: Journal of Physics: Conf. Series1260 072002.

А.К. Байдабеков¹, Э.А. Кемельбекова¹, Б.Ж. Ермекбаев²

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

²Астана құрылыс материалдары, Астана, Казахстан

Выпуклая крышка – формирование названия куполообразной поверхности и новый способ проектирование поверхности

Аннотация. В статье мы рассмотрели происхождение названия купола и его отношение к солнечной поверхности юрты. Также показан новый вид оформления купольной поверхности. В этом исследовании, используя графическую модель биквадратного преобразования, каждая точка преобразуемой прямой, т. е. n прообраза, преобразуется в точки, образующие сечение поверхности купола, в то время как преобразуемая прямая дает сечение поверхности Солнца. Затем поворачиваем это сечение найденной купольной поверхности относительно вертикального сечения Ox_2 и получаем искомую купольную поверхность. При проектировании съемной купольной поверхности в соответствии с предварительными требованиями задаются формат и размеры сечения. Таким образом, метод преобразования биквадрата, который мы предлагаем при проектировании сечения куполообразной поверхности, то есть проекта куполообразной изогнутой поверхности, является практичным и простым для проектировщиков. Предлагаемый метод в своей простоте предназначен для решения таких различных криволинейных поверхностей и инженерных задач.

Ключевые слова: поверхность купола, каркас купола, типы купола, биквадратное преобразование, геометрическое преобразование, графический шаблон биквадратного преобразования.

A. Baidabekov¹, E. Kemelbekova¹, B. Yermekbayev²

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

²Astana Kurylyys Materialdary, Astana, Kazakhstan

Convex cover – formation of the name of the domed surface and a new way of designing the surface

Abstract. In the article we examined the origin of the name of the dome and its connection with the sunny surface of a yurt. The new design of the dome surface is also shown. In this study, using a graphical model of the biquadrate transformation, each point of the transformed line, i.e. n of the prototype, is transformed into points forming a cross-section of the dome surface, while the transformed line gives a cross-section of the surface of the Sun. Then we rotate this section of the found dome surface relative to the vertical section Ox_2 and get the desired dome surface. When designing a removable dome surface, the format and dimensions of the section are set in accordance with the preliminary requirements. Thus, the biquadrate transformation method that we propose when designing a section of a domed surface, that is, a project of a domed curved surface, is practical and simple for designers. The proposed method in its simplicity is designed to solve various similar curved surfaces and engineering problems.

Keywords: dome surface, dome frame, types of domes, biquadrate transformation, geometric transformation, graphic pattern of biquadrate transformation.

References

1. Krivtsova-Grakova O.A. General information about the early nomads of Central Asia and their groupings. –M.: MGU. -1944.
2. Venyukov M.I. Journeys around the outskirts of Russian Asia and notes about them. – St. Petersburg: Type. Imp. Acad. Sciences. 1868 -234 p.

3. Lipnitsky M.E. Domes. Calculation and design. – L.: Stroyizdat. – 1973 -129 p.
4. Nurmakhanov B.N. Development of algorithms for modeling non-linear point correspondences of the plane, generated by the establishment of binary surface models, and their practical application: PhD tech. Sciences: 05.01.01. – Kyiv: – 1978 -18 p.
5. Melik-Sargsyan G.S. Two-two-valued quadratic transformations and their use for designing surfaces and compressing graphic information: Ph.D. tech. Sciences. -M.: MAI. – 1984 -61 p.
6. Kuznetsova V.V. Metal structures: a designer's guide: in 3 volumes / Steel structures of buildings and structures. -M.: ASV. – 1998 -512 p.
7. Tour V.I. Dome structures: shaping, calculation, design, efficiency increase: -M.: ASV. – 2004 -96 p.
8. H. Engel Carrier systems / per. with him. L.A. Andreeva. -M.: AST. – 2007. -344 p.
9. Baidabekov A.K. Biquadratic transformations. – Minsk: BNTU. – 2013 – 188 p.
10. Short V.A. Quadratic transformation of the plane, set by a pencil of conic sections. – Omsk: Bulletin. No. 6. – 2010 – P. 9–14.
11. Vertinskaya N.D. Modeling surfaces in the two-image method in descriptive geometry // International Journal of Applied and Fundamental Research. –M.: MAI. -2016 – P. 334–338.
12. Baidabekov A.K., Baymukhanov S.K., Kemelbekova E.A. Graphical model of the biquadratic transformation // 18th international conference on geometry and graphics // ISGG, 2018 – 3–7 august. – Milan: P. 149–160.
13. Baidabekov A.K. Surface design method using biquadratic transformations // Traditions and innovations in construction and architecture. Urban planning [Electronic resource]. – Samara: SGTU. – 2018 – P. 177-184.
14. Baidabekov A.K., Kemelbekova E.A. Areas for the existence of biquadratic transformations. IOP Conf. – 2019 – Series: Journal of Physics: Conf. Series 1260 072002.

Авторлар туралы мәлімет:

А.К. Байдабеков – т.ғ.д., профессор, «Дизайн және инженерлік графика» кафедрасының меңгерушісі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Э.А. Кемелбекова – докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Б.Ж. Ермекбаев – өндірістік-техникалық бөлім инженері, «Астана құрылыс материалдары», Сембинов көш., 67, Астана, Қазақстан.

А.К. Байдабеков – д.т.н., профессор, заведующий кафедры «Дизайн и инженерная графика», Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Э.А. Кемельбекова – докторант, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Б.Ж. Ермекбаев – инженер производственно-технического отдела, «Астана құрылыс материалдары», ул. Сембинова, 67, Астана, Казахстан.

A. Baydabekov – Doctor of Technical Sciences, Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

E. Kemelbekova – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

B. Yermekbayev – engineer, Astana Kurylys Materialdary, 67 Sembinov str., Astana, Kazakhstan.

М.Н. Нұрбаева, Л.Б. Аруова, Р.Е. Лукпанов

*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
(E-mail: marzhan_nurbaeva@mail.ru, ecoeducation@mail.ru, rauan_82@mail.ru)*

Талшықтардың бетонның беріктік сипаттамаларына әсерін бағалау

Аңдатпа. Мақалада ұсақ түйіршікті бетонның беріктік сипаттамаларына әсер ететін әртүрлі талшықтарды зерттеу нәтижелері келтірілген. Фибробетон үшін қолданылатын талшық түрлерінің негізгі сипаттамалары көрсетілген. Бетондарды дисперсті арматуралауға арналған полипропилен және базальт талшығының зертханалық зерттеу нәтижелері келтірілген. Беріктіктің өзгеруін бағалау үшін үлгілер әзірленіп, қалыпты ылғалдылықта қатайған 3, 14 және 28 тәулік мерзімінде сығылу беріктігіне сыналды. Талшықсыз (бақылау үлгісі) және цемент массасынан 0,1, 0,5, 1,5, 2,5 % полипропилен талшығын және цемент массасынан 0,05, 0,1, 0,2, 0,5 % базальт талшығын енгізу арқылы сығылу кезіндегі беріктік шегін анықтау нәтижелері келтірілген. Полипропилен талшығын қоспаға енгізудің ең тиімді шектерін цемент массасынан 0,5 % деп санауға болатындығы көрсетілді, бұл бақылау үлгісімен салыстырғанда 9,09 %-ға дейін сығылу беріктігінің артуына әкеледі. Цемент массасының 0,1 % мөлшерінде ұсақ түйіршікті базальт талшықты бетон қоспасына енгізу сығылу беріктігін 11,4 % арттыруға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: фибробетон, полипропилен талшығы, базальт талшығы, беріктік, қоспа.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-36-45

Кіріспе

Дисперсті арматураланған құрылыс материалдары мен бұйымдары кейінгі кезде кеңінен қолданыла бастады. Соңғы жылдары бетонға серпімділік қасиеттерін беру үшін, созылу беріктігін және сызаттарға төзімділікті арттыру үшін, құрылыс индустриясында арматураны пайдалануды азайту, әмбебап конструкцияларды жасау үшін дисперсті арматуралау кеңінен қолданылады [1].

Бетондар мен құрылыс ерітінділерінің пайдалану сипаттамаларын арттырудың перспективалық тәсілдерінің бірі олардың құрамына микрофибраны енгізу болып табылады [2-3]. Бұл материалды пайдалану цемент тасының беріктігін арттыруға мүмкіндік береді, сығылу мен иілу кезінде жоғары беріктікті қамтамасыз етеді, сонымен қатар, цемент негізіндегі құрылыс материалдарының басқа да сипаттамаларын арттырады.

Полипропилен талшығын фибробетон технологиясында, сылақ, қалау және монтаждау ерітінділерінде, гидротехникалық және ұялы бетон технологиясында қоспалардың қатпарлануын азайту үшін, су өткізбеушілікті, аязға төзімділікті, коррозияға төзімділікті, соққы беріктігін арттыру үшін қолдануға болады.

Сипаттамалары жақсартылған фибробетонды өндіру үшін бетон-матрица мен талшықтардың технологиялық үйлесімділігіне қол жеткізу керек. Талшықтың қоспаға кесек күйінде түсуіне тыйым салынады, оны өте мұқият араластыру қажет [4].

Фибробетонның артықшылықтарына оның жоғары өнімділігін жатқызуға болады. Құрамында талшығы бар бетон қарапайым бетонға қарағанда сапасы, беріктігі бойынша әлдеқайда жоғары. Одан жасалған бұйымдар қажалуға және химиялық әсерге төзімді болады, жұмыс кезінде деформацияланбайды және үзілу мен созылу беріктігі жоғары болады. Фиброталшықты арматуралық материал ретінде пайдалану – бетон өнімдерін өндірудің күрделілігін едәуір төмендетеді. Мұндай конструкцияларға металл жақтаулар мен торлардың көмегімен қосымша күшейту қажет емес. Бұл фактор құрылыс процесін едәуір жылдамдатады және еңбекті көп қажет ететін шығындардан арылтады [5-6].

Талшықты енгізу кезінде бетонның сипаттамаларын жақсарту талшықтың композит матрицасымен өзара әрекеттесуі нәтижесінде пайда болады. Талшық бетон матрицасымен бірыңғай жүйені қалыптастыру арқылы шөгу деформациясын төмендетумен және өткізгіштігін арттырумен қатар, созылу жүктемелері кезде бетонның беріктігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бетондағы талшықтың дұрыс таңдалған мөлшері физика-механикалық және пайдалану көрсеткіштерін жоғарылатуға мүмкіндік береді.

Полимерлі талшықтың ең көп қолданылатын түрлерінің қатарына полипропилен талшығы жатады. Полипропилен талшығы органикалық талшықтар класына жатады. Талшықтың бұл түрі төмен бағасымен, төмен серпімді модульмен, жоғары созылу коэффициентімен және коррозияға төзімділігімен сипатталады [7]. Коррозияға төзімділігі жоғары талшық қышқылдар мен сілтілердің әсеріне ұшыраған кезде қолдануға мүмкіндік береді, бұл әсіресе сілтілік ерітінділермен белсендірілген бетондар үшін өте маңызды [8]. Полипропилен талшығы экструзия арқылы таза полипропилен түйіршіктерінен үздіксіз әдіспен алынады. Талшықтар белгілі бір температураға жеткенде, олардың бетіне майлы құрамды қолданады. Дәл осы құрам арқасында бетінің ілінуіне және полипропилен талшығының бетон ерітіндісіне таралуына ықпал етеді. Талшық әртүрлі мөлшердегі жұқа ақ полипропилен талшықтары сияқты, олар сілтілерге және әртүрлі химиялық заттарға төзімді инертті зат болып табылады [9].

Базальт талшығын қолдану қарапайым агрегаттық түзілімдердің пайда болуына әкеледі, тұтқыр иілімді қасиеттері өзгереді, бұл жүйенің пластикалық беріктігінің жоғарылауынан көрінеді. Талшықтар микроқұрылымды жақсартады, цемент тасының ішкі кернеуі мен шөгуін азайтады. Құрылымы ілінісі есебінен немесе қататын материалдың жаңа талшықтарының бірігуі арқылы күшейтіледі [10].

Базальт талшығы базальт тау жыныстарының балқымаларынан алынады. Дисперсті арматуралауға арналған базальт талшығының артықшылығы – жоғары беріктікпен қатар, ол жүктемелердің әсерінен созылмайды, қоршаған ортаның химиялық, коррозиялық және термиялық әсеріне температура өзгерісі мен қарқынды ауыспалы жүктемелеріне төзімді, сонымен қатар, бағасы арзан. Базальт талшығы (кесілген базальт талшығы) – бұл әр түрлі бетон үшін беріктікті күшейтетін қоспа болып табылатын базальт талшығының сегменттері [11]. Базальт жыныстарынан жасалған талшықтар жоғары табиғи бастапқы беріктікке, агрессивті ортаға төзімді, электрлік оқшаулау қасиеттеріне ие, табиғи, экологиялық таза шикізаттан жасалған. Сондықтан, базальт талшықтары өнеркәсіпте, құрылыста, энергетикада жиі қолданылады.

Ғылыми жұмыстың негізгі мақсаты: стандартты бетон үлгілерінің сығылуға беріктігіне талшықтың әсерін бағалау.

Зерттеу әдістері

Эксперименттік жұмыстарды жүргізу үшін байланыстырғыш ретінде портландцемент ПЦ400Д0 қоспасыз, шын тығыздығы – 3100 кг/м³, үйінді тығыздығы – 1100-1600 кг/м³ пайдаланылды.

Толтырғыш ретінде МЕМСТ 31424—2010 сәйкес қиыршық тас елегі (отсев) қолданылды. Шын тығыздығы 2,66 г/см³, үйінді тығыздығы 1400 кг/м³, ірілік модулі 32,66.

Толтырғыштың ұсақ фракциясы ретінде МЕМСТ 8736-2014 «Құрылыс жұмыстарына арналған құм» талаптарын қанағаттандыратын 1,48 ірілік модулі бар табиғи кварц құмы қолданылды.

Механикалық қасиеттерді сынау үшін ұсақ түйіршікті фибробетонның арматуралау дәрежесіне байланысты полипропилен және базальт талшықтары таңдалды (1сурет).



а) полипропилен талшығы, б – базальт талшығы

Полипропилен талшығы цемент массасынан 0,1, 0,5, 1,5, 2,5% мөлшерінде ұсақ түйіршікті бетонға арналған құрғақ қоспаға енгізіліп, кейіннен мұқият сумен араластырылды. Базальт талшығы цемент массасынан 0,05, 0,1, 0,2, 0,5% мөлшерінде алынды. Талшықты мөлшерлеудің таңдалған аралығы нормативтік құжаттардың талаптарына және дайындаушының ұсыныстарына сәйкес келеді. Талшықтардың физика-механикалық сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.

1 кесте. Талшықтардың негізгі қасиеті

Талшық түрі	Тығыздығы, кг/м ³	Ұзындығы, мм	Диаметрі, мкм	Үзілуге беріктігі, МПа	Үзілуге дейінгі ұзаруы, %
Полипропилен	620	10	22	170-260	150-250
Базальт	3100	12	18	3000-4840	3,1-6,0

МЕМСТ 23732-2011 «Бетондар мен құрылыс ерігінділеріне арналған су» талаптарына сәйкес келетін бетон қоспасын алуға арналған су қолданылды.

Беріктікті бағалау ылғалды ауа жағдайында сақталған және МЕМСТ 10180-2012 «Бетондар. Бақылау үлгілері бойынша беріктікті анықтау әдістері» сәйкес 3, 14 және 28 тәулігінде қалыпты қатайған, 100×100×100 мм өлшемдегі текшелі үлгілерде тексерілді.

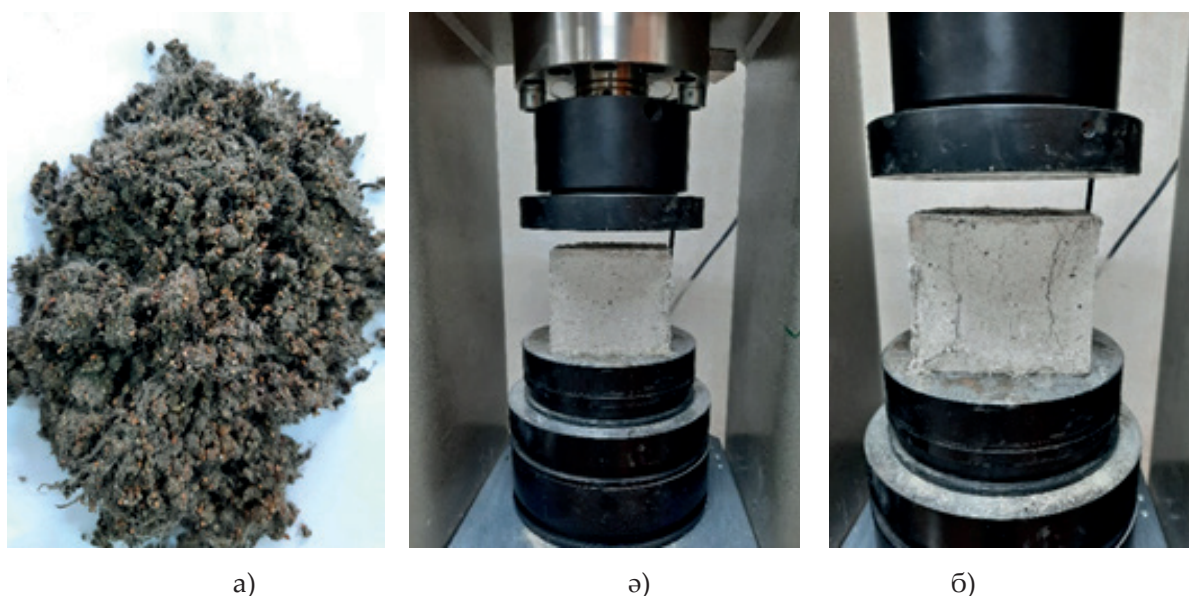
Үлгілерді дайындауға кеткен шикізат шығыны 2-кестеде көрсетілген.

2 кесте. Бетон үлгілерінің құрамы

Бетон қоспасының түрлері	Цемент, гр	Қиыршық тас елегі (отсев), гр	Құм, гр	Талшық, %	Су/Цемент қатынасы
Полипропилен талшығымен					
1 түрі	500	1120	530	-	0,5
2 түрі	500	1120	530	0,1	0,5
3 түрі	500	1120	530	0,5	0,5
4 түрі	500	1120	530	1,5	0,5
5 түрі	500	1120	530	2,5	0,5

Базальт талшығымен					
6 түрі	500	1120	530	0,05	0,5
7 түрі	500	1120	530	0,1	0,5
8 түрі	500	1120	530	0,2	0,5
9 түрі	500	1120	530	0,5	0,5

Қоспалар МЕМСТ 310.3-76 сәйкес ыдыста қолмен араластырылды (2 (а) сурет). Алдын ала дайындалған цемент, қиыршық тас елегі және құм қоспасы 2 минут араластырылды, содан кейін оған 4 минут бойы тұрақты араластыра отырып, талшық біркелкі енгізіліп, сумен араластырылды. Қоспаны дайындағаннан кейін оның консистенциясы МЕМСТ 310.4-81 сәйкес сілкілеу үстелінде анықталды. 28 тәулік ылғалды жағдайда қатайған цемент массасынан 0,1, 0,5, 1,5, 2,5 % полипропилен талшығынан және цемент массасынан 0,05, 0,1, 0,2, 0,5 % базальт талшығынан дайындалған үлгілер, сонымен қатар, бақылау үлгісі (талшықсыз) зерттелді.

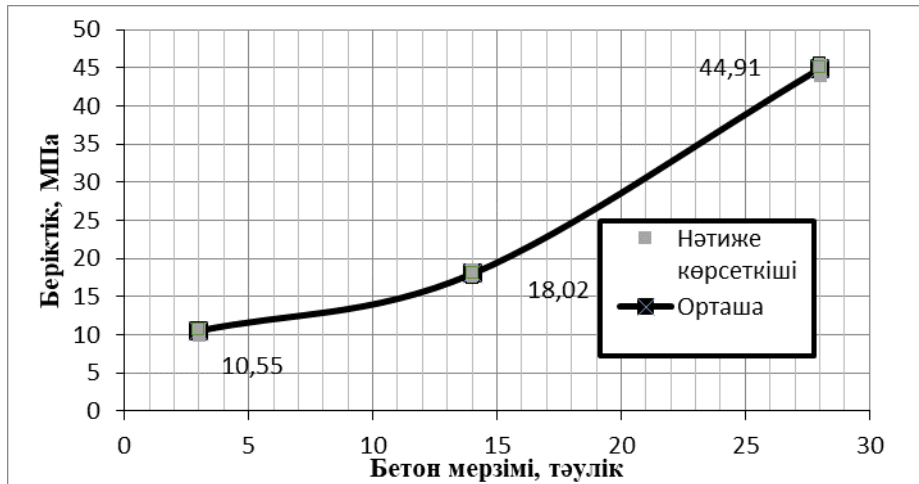


Сурет 2. а – қоспаны дайындау; ә – сынақ басталғанға дейін; б – сынақ аяқталғаннан кейін

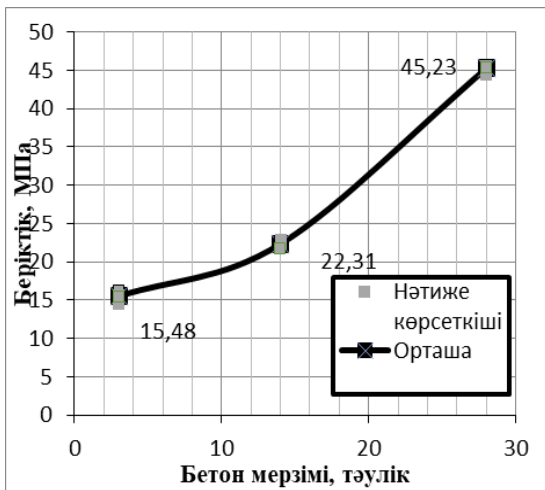
3, 14 және 28 тәулік бойы қалыпты қатаюдан кейін Automatic Pilot 500kN пресінде сығылуға беріктік шегі анықталды (2 (ә, б) – сурет).

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

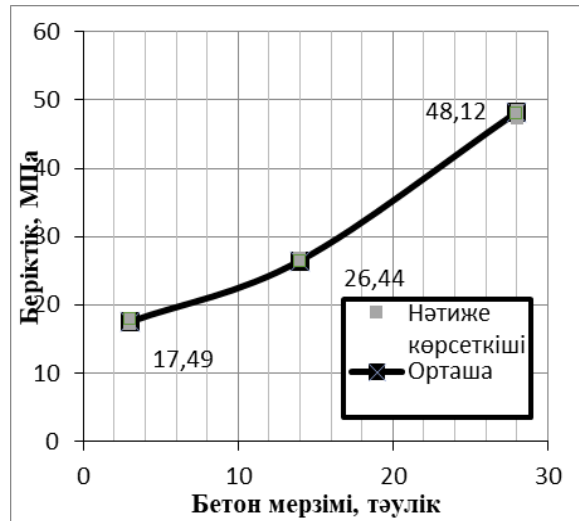
Полипропилен талшығын қосылған бетон үлгілерінің сығылуға беріктігін сынау нәтижелері 4-7- суреттерде көрсетілген. 3 – суретте 3, 14 және 28 тәуліктегі талшықсыз ұсақ түйіршікті бетонның сығылуға беріктік шегі көрсетілген. Әр үлгі түрінің 3 мәнінен орташа нәтиже көрсеткішінің мәні алынды. Диаграммаға сәйкес, 3 тәуліктегі орташа мәнінің нәтиже көрсеткіші 10,15 МПа, 14 тәуліктегі орташа мәнінің нәтиже көрсеткіші 18,02 МПа, 28 тәуліктегі орташа мәнінің нәтиже көрсеткіші 44,91 МПа көрсетеді.



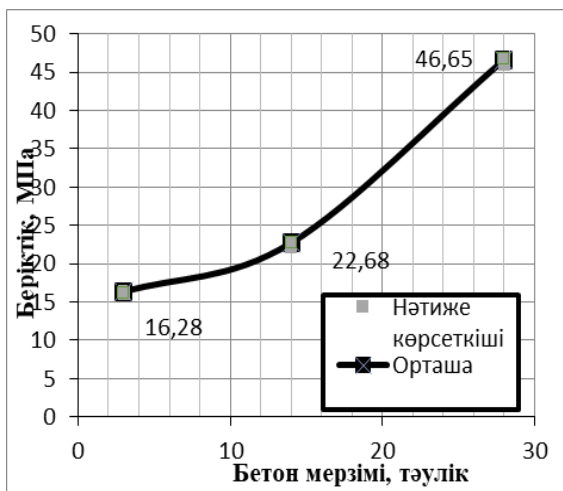
Сурет 3. бақылау үлгісі



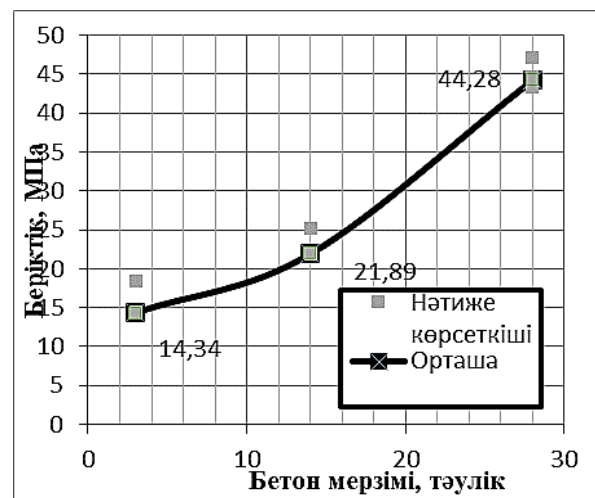
Сурет 4. 0,1 % полипропилен талшығымен



Сурет 5. 0,5 % полипропилен талшығымен

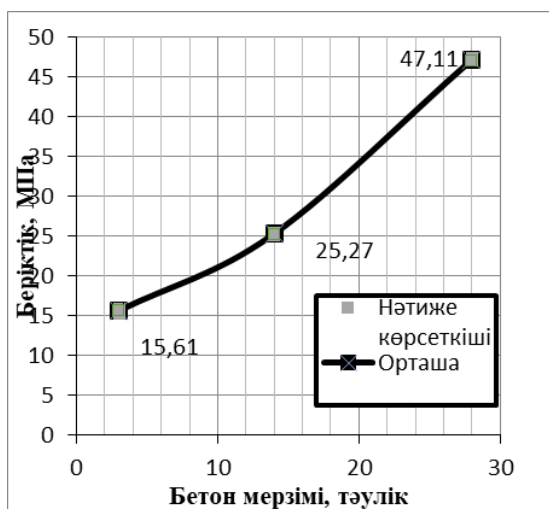


Сурет 6. 1,5 % полипропилен талшығымен

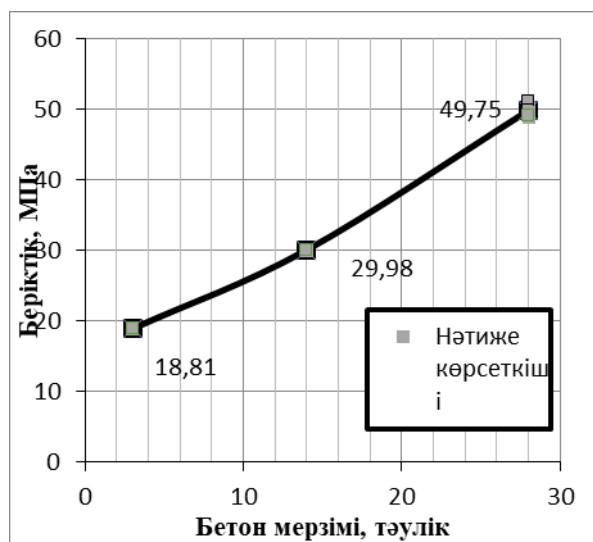


Сурет 7. 2,5 % полипропилен талшығымен

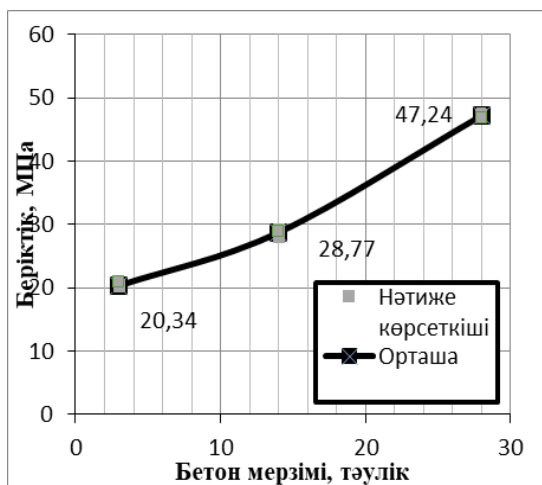
Жоғарыдағы диаграммаға сәйкес, 28 тәуліктегі бақылау үлгісімен салыстырғанда 0,1% полипропилен талшығын қосқан кезде (4 – сурет) сығылу беріктігінің 2,27% – ға шамалы ұлғаюы байқалады. 0,5% талшық қосылған кезде (5 – сурет) сығылу беріктігі 9,09 % артады. Ұсақ түйіршікті бетонға полипропилен талшықтарын цемент массасынан 1,5% енгізгенде (6 – сурет), нәтиже көрсеткіші цемент массасынан 0,5% полипропилен талшығын енгізгендегімен салыстырғанда 4,17% төмендегені байқалады. Ары қарай полипропилен талшығын цемент массасынан 2,5% қосқанда (7 – сурет), сығылуға беріктік шегі цемент массасынан 0,5% қосқан үлгі нәтижесіне қарағанда 8,3 % төмендейді. Нәтижелерге сәйкес бетондағы полипропилен талшығының оңтайлы құрамы цемент массасынан 0,5% талшықты енгізу болып табылады.



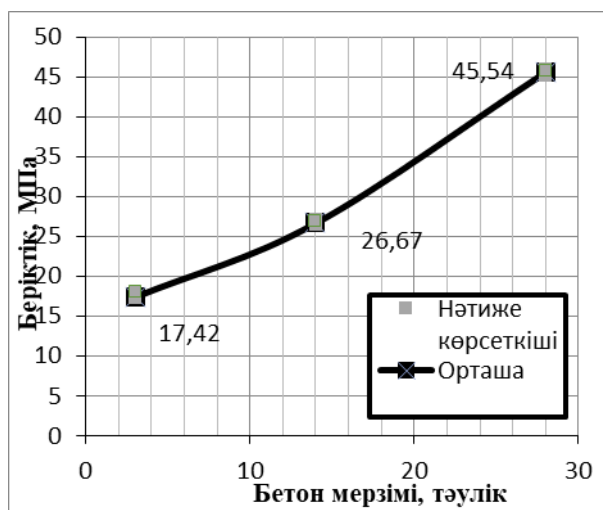
Сурет 8. 0,05 % базальт талшығымен



Сурет 9. 0,1 % базальт талшығымен



Сурет 10. 0,2 % базальт талшығымен



Сурет 11. 0,5 % базальт талшығымен

8 – суретте базальт талшығын цемент массасынан 0,05 % мөлшерде енгізген кезде, талшықсыз үлгі нәтижелерімен (3 – сурет) салыстырғанда сығылуға беріктік көрсеткіші 6,8 % артады, сәйкесінше 0,1 % мөлшерде (9 – сурет) 11,4 % артады. Ұсақ түйіршікті бетонға базальт талшықтарын цемент массасынан 0,2 % енгізгенде (10 – сурет), нәтиже көрсеткіші

талшықсыз бақылау үлгімен салыстырғанда 6,8 % жоғарлағаны байқалады. Ары қарай базальт талшығын цемент массасынан 0,5 % мөлшерде енгізген кезде (11 – сурет), нәтиже көрсеткішінің орташа мәндері басқа базальт талшығы қосылған үлгілерге қарағанда төмендегенін байқаймыз.

Басқа да авторлардың зерттеу жұмыстарының нәтижелерін салыстырмалы түрде талқылайтын болсақ, Чаохуа Цзян және Кефаль [12] 0,05%, 0,1%, 3% көлемдік үлесі бар базальт талшығының қосқан кезде қысу беріктігін 3,74%-дан 6,49%-ға дейін арттырғанын хабарлады. Ұсақ түйіршікті базальтты фибробетонды сынау нәтижелерін талдай отырып, цемент массасынан 0,1 %-ын ұсақ түйіршікті бетон қоспасына базальт талшығын енгізудің оңтайлы шегі деп санауға болатындығын атап өткен жөн. Бұл жағдайда сығылу беріктігінің ең үлкен өсуі 11,4 % құрайды.

Қорытынды

Сығылу кезінде ұсақ түйіршікті бетон үлгілерінің беріктігі талшықты қоспаны қолдануға байланысты. Цемент массасынан 0,5% қосқан кезде полипропилен талшығы қосылған бетон үлгілерінің сығылу беріктігінің 9,09 % – ға өсуі байқалады. Бұл ең тиімді мөлшері болып табылады, себебі полипропилен талшығының мөлшерін одан әрі артуы сығылу күшінің төмендеуіне әкеледі.

Осылайша, бетон қоспасына цемент массасынан 0,1 % мөлшерінде базальт талшығын ұсақ түйіршікті бетонға енгізу сығылу беріктігін 11,4 % арттыруға мүмкіндік береді. Базальт талшығын мөлшерден тыс енгізген кезде, ұсақ түйіршікті бетон қоспасының жылжымалылығын едәуір төмендетеді, борпылдақ және байланыспай қалады, бұл сығылу беріктігіне теріс әсер етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Kamal M. M., Safan M. A., Etman Z. A., Kasem B. M. Mechanical properties of self-compacted fiber concrete mixes. HBRC J. 10, 25–34 (2014). <http://dx.doi.org/10.1016/j.hbrcj.2013.05.012>
2. Nurbayeva MN Influence of Fiber on the Strength Characteristics of Fine-Grained Concrete. docx. // Proceedings of 2021 4th International Conference on Civil Engineering and Architecture: Lecture Notes in Civil Engineering, Springer, Singapore, 2022. doi.org/10.1007/978-981-16-6932-3_13
3. Pothisiri T., Soklin C. Effects of Mixing Sequence of Polypropylene Fibers on Spalling Resistance of Normal Strength Concrete. Eng. J. 18, 55–64 (2014). <https://doi.org/10.4186/ej.2014.18.3.55>.
4. Karimipour A., Ghalehnovi M., de Brito J., Attari M. Retraction notice to “The effect of polypropylene fibres on the compressive strength, impact and heat resistance of self-compacting concrete” [Struct. 25C (2020) 72–87]. Structures 44, 1797 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.02.022>
5. Okolnikova G. E., Kunno Y., Gazizova S. A. Kurbanmagomedov A. K. Usability of basalt fibers in reinforced concrete. (2019).
6. Denisiewicz A., Socha T., Kula K., Pasula M. Influence of Steel and Polypropylene Fibers Addition on Selected Properties of Fine-Grained Concrete. Civ. Environ. Eng. Rep. 28, 138–148 (2018) <https://doi.org/10.2478/ceer-2018-0057>.
7. Aisheh Y. I. A., Atrushi D. S., Akeed M. H., Qaidi S., Tayeh B. A. Influence of polypropylene and steel fibers on the mechanical properties of ultra-high-performance fiber-reinforced geopolymer concrete. Case Stud. Constr. Mater. 17, e01234 (2022) <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01234>.
8. Ruslan I., Ruslan B., Evgenij K. The effect of metal and polypropylene fiber on technological and physical mechanical properties of activated cement compositions. Case Stud. Constr. Mater. 16, e00882 (2022) <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00882>
9. Zhenshan Wang, Kai Zhao, Zhe Li, Hui Ma. Experimental study on durability and mechanical properties of basalt fiber reinforced concrete under sodium sulfate erosion. Chem. Eng. Trans. 62, 961–966 (2017) <https://doi.org/10.3303/CET1762161>.

10. Su Q., Xu J. The Effect of Basalt Fiber on Concrete Performance under a Sulfate Attack Environment. *J. Renew. Mater.* 11, 233–244 (2023) <https://doi.org/10.32604/jrm.2023.020573>.
11. Kosior-Kazberuk M. Krassowska J. Post-cracking behaviour of basalt fibre reinforced concrete. (2015).
12. Jiang C., Fan K., Wu F., Chen D. Experimental study on the mechanical properties and microstructure of chopped basalt fibre reinforced concrete. *Mater. Des.* 58, 187–193 (2014) <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.01.056>.

М.Н. Нурбаева, Л.Б. Аруова, Р.Е. Лукпанов

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Оценка влияния фиброволокон на прочностные характеристики бетона

Аннотация. В статье представлены результаты исследования различных фибр на влияние прочностных характеристик мелкозернистого бетона. Даны основные характеристики видов волокон, используемые для изготовления фибробетона. Приведены результаты лабораторных исследований полипропиленовой и базальтовой фибры для дисперсного армирования бетонов. Для оценки изменений прочности были изготовлены образцы и испытаны на сжатие в возрасте 3, 14 и 28 суток нормально-влажностного твердения. Даны результаты определения предела прочности при сжатии мелкозернистого фибробетона без добавления фибры (контрольный состав) и с добавлением полипропиленовой фибры 0,1, 0,5, 1,5, 2,5% от массы цемента и базальтовой 0,05, 0,1, 0,2, 0,5% от массы цемента. Показано, что самыми оптимальными пределами введения полипропиленовой фибры в смесь могут считаться 0,5 % от массы цемента, что приводит к приросту прочности при сжатии до 9,09 % по сравнению с контрольным составом. Введение в бетонную смесь мелкозернистого бетона базальтовой фибры в количестве 0,1% от массы цемента позволяет повысить прочность на сжатие на 11,4 %.

Ключевые слова: фибробетон, полипропиленовая фибра, базальтовая фибра, прочность, смесь.

M. Nurbayeva, L. Aruova, R. Lukpanov

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Evaluation of the effect of fibers on the strength characteristics of concrete

Abstract: The article presents the results of research of different fibers on the effect of strength characteristics of fine-grained concrete. The basic characteristics of the types of fibers used for the manufacture of fiber concrete are given. The results of laboratory research of polypropylene and basalt fibers for dispersion reinforcement of concrete are given. To estimate the strength changes the samples were made and tested in compression at the age of 3, 14 and 28 days of normal-moist hardening. The results of determining the compressive strength of fine-grained fiber concrete without adding fiber (control composition) and with the addition of polypropylene fiber 0.1, 0.5, 1.5, 2.5% of the mass of cement and basalt fiber 0.05, 0.1, 0.2, 0.5% of the mass of cement are given. It is shown that the most optimal limits of the introduction of polypropylene fiber in the mixture can be considered 0.5% of the weight of cement, which leads to an increase in compressive strength up to 9.09%, compared with the control composition. The introduction of basalt fiber in the mixture of fine-grained concrete in an amount of 0.1% of the weight of cement can increase the compressive strength by 11.4%.

Key words: fiber concrete, polypropylene fiber, basalt fiber, strength, mixture.

References

1. Kamal M. M., Safan M. A., Etman Z. A., Kasem B. M. Mechanical properties of self-compacted fiber concrete mixes. HBRC J. 10, 25–34 (2014). <http://dx.doi.org/10.1016/j.hbrj.2013.05.012>
2. Nurbayeva M.N. Influence of Fiber on the Strength Characteristics of Fine-Grained Concrete. docx. // Proceedings of 2021 4th International Conference on Civil Engineering and Architecture: Lecture Notes in Civil Engineering, Springer, Singapore, 2022. doi.org/10.1007/978-981-16-6932-3_13
3. Pothisiri T., Soklin C. Effects of Mixing Sequence of Polypropylene Fibers on Spalling Resistance of Normal Strength Concrete. Eng. J. 18, 55–64 (2014). <https://doi.org/10.4186/ej.2014.18.3.55>.
4. Karimipour A., Ghalehnovi M., de Brito J., Attari M. Retraction notice to “The effect of polypropylene fibres on the compressive strength, impact and heat resistance of self-compacting concrete” [Struct. 25C (2020) 72–87]. Structures 44, 1797 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.02.022>
5. Okolnikova G. E., Kunno Y., Gazizova S. A. Kurbanmagomedov A. K. Usability of basalt fibers in reinforced concrete. (2019).
6. Denisiewicz A., Socha T., Kula K., Pasula M. Influence of Steel and Polypropylene Fibers Addition on Selected Properties of Fine-Grained Concrete. Civ. Environ. Eng. Rep. 28, 138–148 (2018) <https://doi.org/10.2478/ceer-2018-0057>.
7. Aisheh Y. I. A., Atrushi D. S., Akeed M. H., Qaidi S., Tayeh B. A. Influence of polypropylene and steel fibers on the mechanical properties of ultra-high-performance fiber-reinforced geopolymer concrete. Case Stud. Constr. Mater. 17, e01234 (2022) <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01234>.
8. Ruslan I., Ruslan B., Evgenij K. The effect of metal and polypropylene fiber on technological and physical mechanical properties of activated cement compositions. Case Stud. Constr. Mater. 16, e00882 (2022) <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00882>
9. Zhenshan Wang, Kai Zhao, Zhe Li, Hui Ma. Experimental study on durability and mechanical properties of basalt fiber reinforced concrete under sodium sulfate erosion. Chem. Eng. Trans. 62, 961–966 (2017) <https://doi.org/10.3303/CET1762161>.
10. Su Q., Xu J. The Effect of Basalt Fiber on Concrete Performance under a Sulfate Attack Environment. J. Renew. Mater. 11, 233–244 (2023) <https://doi.org/10.32604/jrm.2023.020573>.
11. Kosior-Kazberuk M. Krassowska J. Post-cracking behaviour of basalt fibre reinforced concrete. (2015).
12. Jiang C., Fan K., Wu F., Chen D. Experimental study on the mechanical properties and microstructure of chopped basalt fibre reinforced concrete. Mater. Des. 58, 187–193 (2014) <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.01.056>.

Авторлар туралы мәлімет:

М.Н. Нұрбаева – докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Л.Б. Аруова – т.ғ.д., профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Р.Е. Лукпанов – PhD, профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

М.Н. Нұрбаева – докторант, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Л.Б. Аруова – доктор технических наук, профессор, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Р.Е. Лукпанов – PhD, профессор, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

M. Nurbayeva – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

L. Aруова – Doctor of Technical Sciences, Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

R. Лукпанов – PhD, Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

A. Aldungarova^{1,3*}, I. Pidal^{2,3}, Sh. Zharassov³, S. Anapyanova¹,
G. Mamyrbekova¹, Yu. Yeremeyeva¹

¹D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

²Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain

³CSI Research&Lab LLP, Astana, Kazakhstan

E-mail: liya_1479@mail.ru

Revisiting Kazakhstan's Hydraulic Structures: A GIS-Based Approach to Dam Design and Allocation Considering Climate Change and Land Use Scenarios

Abstract. *This article discusses the importance of hydraulic structures, particularly dams, in Kazakhstan's economy due to water scarcity in many regions. The article highlights the need for a comprehensive approach to the location and design of dams considering climate change and land use scenarios. The article also emphasizes the need to update the design parameters and characteristics of dams to consider changes in land use and climate. The Samarkand reservoir hydrosystem is used as an example to discuss the potential hazards of the new spillway and the need for technical upgrading. The article suggests that the development of an integrated GIS-based approach to survey works, location, and design of dams could improve the quality of design and survey works and lead to the modernization of design and operation of reservoirs. The study proposes the use of modern research methods, including space methods, to provide more flexible and safe management of river flow with consideration of environmental and economic interests. The article concludes that the comprehensive GIS-based methodology for the location and design of dams, considering potential changes in river flow characteristics and the impact of changes in land use and climatic scenarios, can improve efficiency and optimize the work of hydraulic engineers.*

Keywords: *embankments, dams, GIS, DEM, Landsat, land cover.*

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-46-61

Introduction

During the Soviet period in the 1940s to 1960s, Kazakhstan underwent industrialization, which included the construction of numerous hydraulic structures such as large river reservoirs and water intake reservoirs [1]. These structures continue to play a vital role in the economy of the country as the majority of Kazakhstan experiences water scarcity, with annual precipitation in some areas ranging from 250-500 mm. While some river basins such as Yertis and Balkash-Alakol have sufficient resources of surface and groundwater, others such as Nura-Sarysu, Yessil, Tobol-Torgay, Zhaik-Caspian, Aral-Syrdarya experience deficits in both [2]. This scarcity of water leads to dry vegetation and watercourses during summer months, and the need for irrigation of crops using water from artificially created reservoirs. Irrigated farming is the largest consumer of fresh water, accounting for 65% of intake. However, the needs of industry, urban and rural utilities, and irrigated agriculture are covered during low-water periods by the operation of hydraulic

structures. Despite this, many regions still experience water deficits, and a comprehensive approach to the location and design of dams is required, considering climate change and land use scenarios in river basins that are subject to urbanization [3-4].

The calculated parameters and characteristics of dams during their design in the 1940s to 1960s require updating, and the existing methodological approach to their determination needs to be revised. The main factors that have undergone significant changes since the time of dam design are land use and climate change. These changes can completely alter the characteristics of river flows, which can, in turn, affect the location and design of the structure, and ultimately the stability and performance of dams. Therefore, it is crucial to calculate and design predicted parameters of river flow under the influence of changes in land use and climatic scenarios during the design of new dams or the reconstruction of existing hydraulic structures [5].

The Samarkand reservoir, located on the Nura River in the eastern region of Temirtau city in the Karaganda district, was constructed in 1939 to regulate the flow of the Nura River and provide water supply to the Karaganda industrial district. Between 1974 and 1988, the spillway structures of the hydrosystem were reconstructed due to changes in the system's functions, an increase in the capital class of its structures, and the unsatisfactory technical condition of the former spillway. The current hydroscheme is partially operational and has a total volume of 253.70 million m³ at the normal supporting level of 490.17 m and a useful volume of 100.2 mln m³ with level fluctuations of 1.5 m. The hydroscheme comprises a supply canal, a new spillway, a diversion canal, an earthen dam, an old spillway, a temporary earth cofferdam, and a siphon spillway. The new spillway is potentially hazardous and requires reconstruction and technical upgrading [6].

Hydrologists and hydraulic engineers closely involved in the task of analyzing the current state of design, construction, and operation of dams provided their opinions. The research in this direction is expected to be novel since modern space methods are rarely used in Kazakhstan. The primary objective is to develop an integrated GIS-based approach to survey works, location, and design of dams, taking into account changes in the Earth's surface and climatic scenarios in the river catchment areas under conditions of urbanization. This study is of significant importance in practice, as the low-quality construction and reconstruction projects are often due to imperfect methodology and incomplete implementation of survey works and incomplete consideration of factors affecting the regime of rivers and reservoir operation [7-10]. The above-mentioned approach can improve the quality of design and survey works, which can lead to the modernization of design and operation of reservoirs. It is expected that the use of modern research methods, including space methods, can provide more flexible and safe management of river flow with consideration of environmental and economic interests. This will enable correct zoning and effective use of new irrigated lands, leading to increased profitability [11].

However, some experts suggest that the design, filling, and operation of reservoirs require large-scale research works, whereas only exploration works are currently being carried out. They propose that to improve the situation in basins of regulated rivers, all technological links of design, preparation, and operation of reservoirs must be improved, and the concept of rational use of reservoirs must be implemented under increasing anthropogenic water [12].

The present study aims to develop a comprehensive GIS-based methodology for the location and design of dams, considering the potential changes in river flow characteristics and the impact of changes in land use and climatic scenarios, using the SCS-Curve Number method for modeling river flows. The application of the SCS-Curve Number method based on ArcGIS PC is expected to optimize the work of hydraulic engineers and improve efficiency. The object of the study is the Samarkand reservoir hydrosystem, including its location, history, construction details, and current condition. This study also highlights the need for reconstruction and technical upgrading of the system, as well as the use of digital terrain models and GIS-based methodology for the location and design of dams, considering potential changes in river flow characteristics and the impact of changes in land use and climatic scenarios [13].

Materials and methods

To collect climatic data for the study area, the nearest local weather station was located using a web service [14]. Historical data from the archives of the local weather station in Karaganda, Kazakhstan were collected, which had a latitude of 49.80, a longitude of 73.15, and an elevation of 553 m above sea level. The Institute of Geography and Water Security in Kazakhstan created a map to identify areas affected by significant climate change, which was used in the study. Soil maps and soil characteristics in the study area were obtained from the FAO-UNESCO Soil Map of the World and the Unified State Register of Soil Resources of the Russian Federation, as domestic libraries were insufficient [15]. The level of urbanization and location of buildings were determined using a topographic map of Kazakhstan, which was also used in the study [16]. Open web resources of DEM space images libraries were analyzed, and appropriate software for DEM space image processing was selected for data processing in GIS [17–22]. The study team identified individuals within government agencies who could provide data in an official capacity. However, it was discovered that there is no unified national database of climatic indicators, and data were collected manually for 30 years by searching each day, month, and year on several web services containing climatic data libraries. Commercial [23–27] and free software tools [28–32] were utilized for data processing in GIS.

A crucial component in GIS analysis is the Digital Elevation Model (DEM), which contains information about elevation without considering objects on the terrain surface. It is important to differentiate DEMs from Digital Surface Models (DSMs), which include information about elevation marks along with objects on the terrain surface. DEMs are derived from satellite or airborne imagery, and their quality is determined by their vertical and horizontal resolutions. In GIS, the vertical resolution of the DEM is critical for identifying watershed boundaries, which refers to the difference in height between modeled or detected elevations and the actual elevations of the terrain surface. DEMs with resolutions of 10 m, 30 m, and 90 m are widely available for free. For research purposes, more accurate DEMs with resolutions of less than 1 m can be obtained through an official request to authorized bodies, but their cost is typically high. DEMs are typically available in formats such as .tif, .shp, and others [33–35].

The relief of a territory plays a critical role in natural processes and environmental differentiation, particularly in the distribution of water and solar radiation. Accurate information on the relief is essential for efficient water resource management, planning, forecasting, ecological modeling, and design. One common approach for catchment area calculation involves the following algorithm: first, prepare a digital elevation model (DEM), such as the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) DEM, which can be downloaded from free sources. Next, spatially bind the image to a relevant coordinate system, such as the WGS_1984_UTM_Zone_43N (Figure 1).

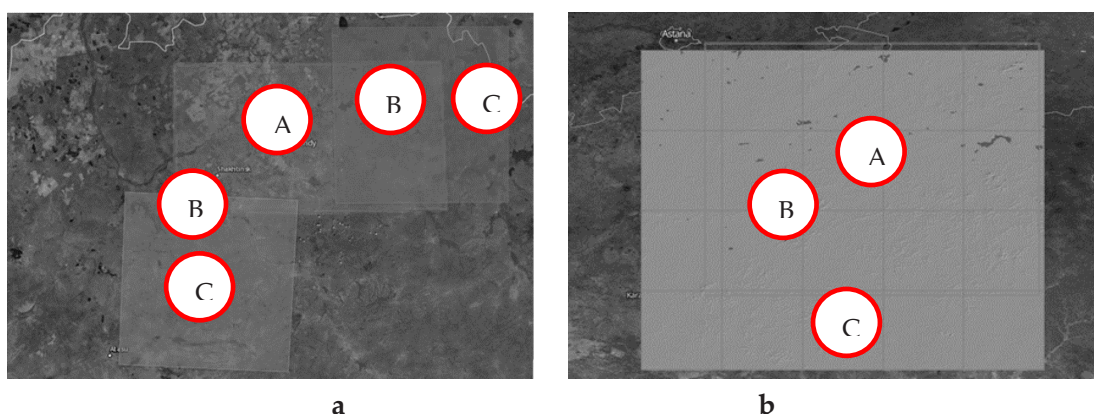


Figure 1. Examples of inconsistencies in the boundaries and dimensions of the DEM and the study area: a) the study area; b) the intersection area of the study area with the image area; c) the image area outside the study area

To determine the catchment area of a pilot site, utilize horizons and elevations of scale 1:25000 and topographic surveys to produce a DEM with a relatively even and topologically correct relief, with a resolution of 10 meters per image pixel (Figure 2). Finally, apply the Catchment Polygon Processing tool in Arc Hydro Tools to transform the input watershed grid into a class of watershed polygon objects. For the Samarkand reservoir, the catchment area is defined in the plain part and has no sharp differences in elevation, with a maximum height of 1500 m. The coordinates of the research object are latitude 50° and longitude 73°.

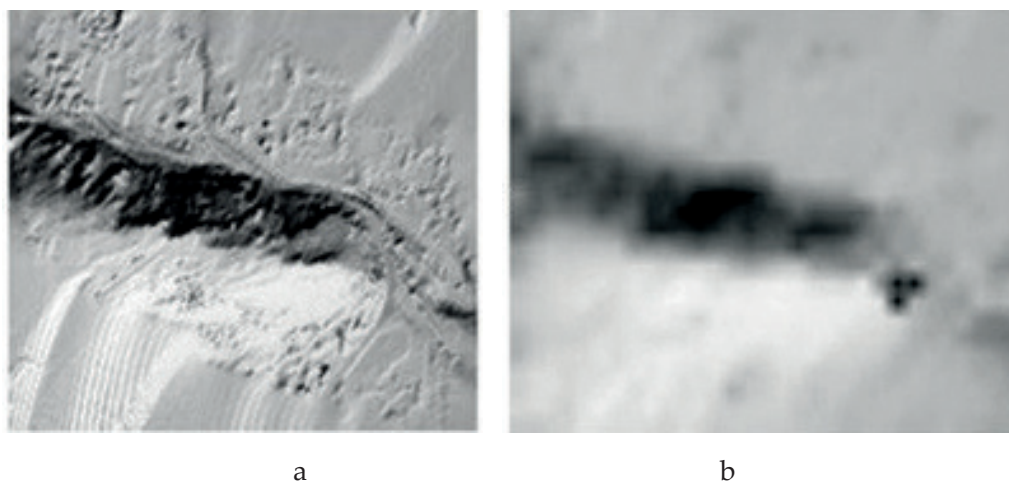


Figure 2. Examples of DEMs with different resolutions: a) 5 m; b) 30 m

In order to simulate the movement of water volume along the slope, a scientific approach was employed using the Flow Accumulation tool. This tool applies a similar methodology to the previously used Flow Direction tool, but instead of determining the direction of flow, it identifies the volume of water flow. The resulting pixel values are then filled, with the flow volume receiving a value of 0 and the surrounding terrain taking a value of 1. This technique is essential for accurately modeling the flow of water along a slope and predicting potential issues such as erosion or flooding. By using this method, scientists and engineers can better understand the behavior of water in a given area and make informed decisions about land use, infrastructure development, and other important factors.

The formation of drainage basins is a crucial step in delineating catchment boundaries for the Samarkand reservoir. This process involves converting the raster dataset into polygons using the Raster to Polygon tool, which utilizes the size of similar contained cells to identify the drainage basin area and differentiate it with a distinct color from other boundaries outside the study catchment area. The final processing step involves cutting out a fragment of one feature class using one or more objects of another class, specifically clipping the DEM along the watershed boundary from the resulting polygon using the Clip tool.

The selection of image processing software was based on the ArcGIS Desktop software, which is produced by ESRI (USA) and has a high demand rating of 97% among programs of this type. ArcMap software enables full manipulation of raster data and processing of various images. Alternatively, the QGIS software of second or third generation was considered as another option, with the second version being free and open for private use and implementation of custom tools.

The determination of watershed boundaries was a complex process that involved several steps, each utilizing different tools of the ArcMap software. The aim of this analysis was to provide a representation of the qualitative composition and spatial distribution of land use and land cover across the entire watershed area. To achieve this, three basic flow calculation algorithms were employed (Figure 3).

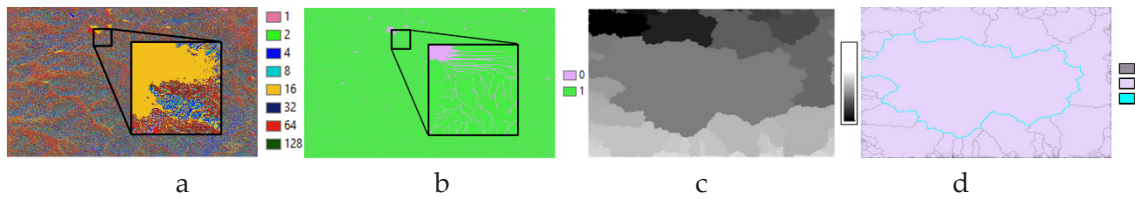


Figure 3. Flow calculation of DEMs: a) directing threads according to pixel value; b) accumulation of pixels into one common stream; c) all drainage basins; d) boundary of the allocated catchment

To supplement the available information on domestic resources, the world soil map developed by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) was used. This map contains all necessary data for all continents and countries, providing a valuable resource for this type of analysis (Figure 4).

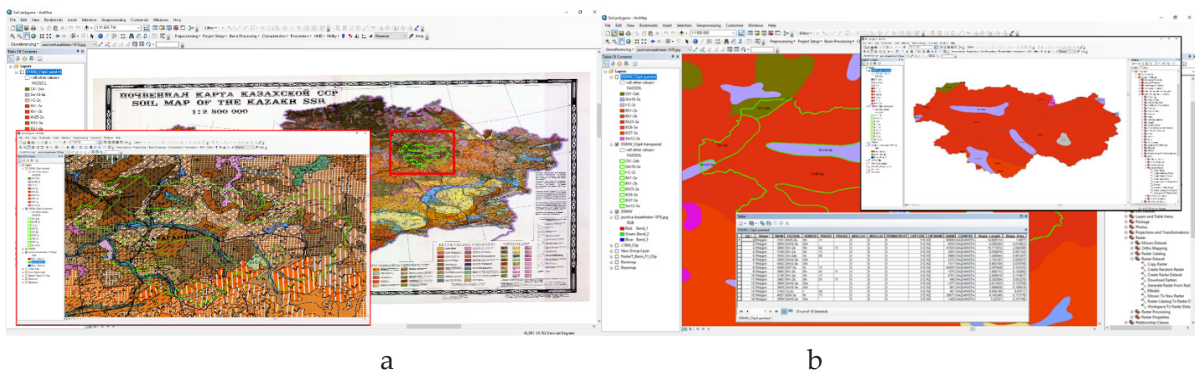


Figure 4. Overlaying catchment boundaries: a) the world soil map; b) the national soil map

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) provides a comprehensive system for the classification of soil types worldwide. In this system, the Republic of Kazakhstan (RK) is assigned a unique number or CNTCODE, which is registered as No. 312. The names of the main soil types found in the catchment area were deciphered, and their areas were calculated and presented in the table 1.

Table 1. Name of soils and their occupied area in the territory of Samarkand reservoir

No	No FAO	Abbreviation and full name of the main soil on the FAO map			Total area for types of landfills, km ²
1	3034	Ck1-2ab	Ck	Calcic Chernozems	2 966
2	3959	Gm18-3a	Gm	Mollic Gleysols	12 592
3	3102	I-C-2c	I	LITHOSOLS	461
4	3156	Kh1-2a	Kh	Haplic Kastanozems	5 852
5	3994	Kh1-2b	Kh	Haplic Kastanozems	49 119
6	3161	Kh25-2a	Kh	Haplic Kastanozems	62 600
7	4007	Kl36-3a	Kl	Luvic Kastanozems	39 073
8	4008	Kl37-3a	Kl	Luvic Kastanozems	54 597
9	4042	Sm12-3a	Sm	Mollic Solonetz	1 517

Results

Through the implementation of multi-step processes on Digital Elevation Model (DEM) data, the boundary of the Nura-Sarysu basin was generated and its corresponding area and boundary length were quantified to be 22877 km² and 1118 km, respectively. The resulting .shp file can be utilized to perform geographic overlays with other types of spatial data, enabling the selective emphasis or exclusion of information within or outside the hydrological catchment.

The hydrological catchment boundary was established and computational algorithms were applied to simulate water volume flows along the slopes, based on the analysis of pixel values.

Subsequently, a DEM of the Nura-Sarysu watershed was generated in raster format, which can be employed in conjunction with other ArcGIS software tools to facilitate a comprehensive analysis of the hydrological basin (Figure 5).

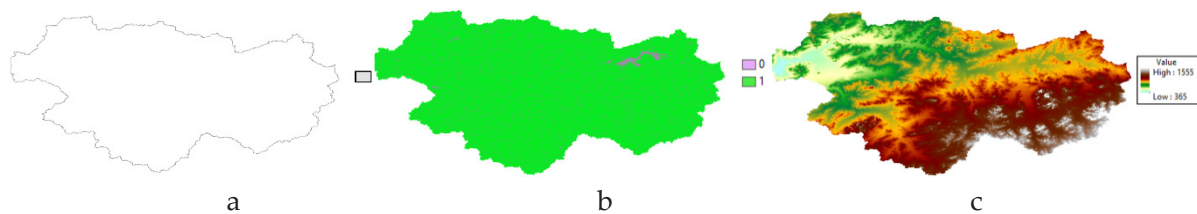


Figure 5. Flow processing of Samarkand reservoir: a) watershed boundaries; b) Catchment boundary with directional flows; c) Catchment boundary with processed raster data

The methodology evaluated in this research has increasing practical relevance in contemporary Geotechnical Systems (GTS) design principles. There have been widespread discussions at conferences and in numerous articles concerning the incorporation of Geographic Information Systems (GIS) into the design and construction of GTS. For instance, the first imagery acquired from the Kazakhstani remote sensing satellite, KazEOSat-1, was used to forecast floods in the Zhabai River basin, a frequent phenomenon in the Central Kazakhstan region. The study's focus was to model and predict flood frequency using the obtained DEM in combination with data obtained from the hydrometeorological service, Kazgidromet. Furthermore, another area where GIS is extensively applied is in the processing of forest resources in Kazakhstan. The resulting model enables the identification of forest areas that have been subjected to alterations such as logging and fires. Overall, the application of GIS techniques has the potential to solve numerous global strategic tasks, given the availability of high-resolution satellite imagery and powerful technical equipment for efficient data processing.

Due to the nonlinearity of hydrometeorological processes and the various feedback mechanisms involved, natural oscillations with distinct time scales are stimulated in the climate system. In order to comprehend and anticipate the behavior of such a complex system under the influence of external forces (both anthropogenic and natural), it is essential to employ statistical and physical-mathematical models of the climate system that provide an adequate degree of reliability and detail in describing the processes within the specified media. The construction of a climate model starts with defining a system of equations, which serve as a mathematical representation of the physical laws governing the climate system. However, solving the corresponding partial differential equations analytically is challenging, and thus, computational methods are frequently utilized. Despite the rapid advancement in computational technology, the need for regional climate models to provide spatially detailed assessments of future climate change, beyond what global models can offer, persists. In such models, the values obtained from global models at the borders of the region are inputted and recalculated with higher spatial resolution. Hence, this study adopts a regional approach to climate modeling in key regions of the Nura River basin.

The input data used for the calculations comprise statistical long-term climate data, such as annual average precipitation, maximum daily precipitation, and air temperature obtained from the Karaganda meteorological station.

The simulation of excess precipitation schedules is based on the amount of precipitation available for direct surface runoff, which is known as excess precipitation. The graphs below depict the entire volume of precipitation minus any absorption processes, such as interception, storage in depressions, and infiltration, showing a clear increase in excess precipitation (Figure 6).

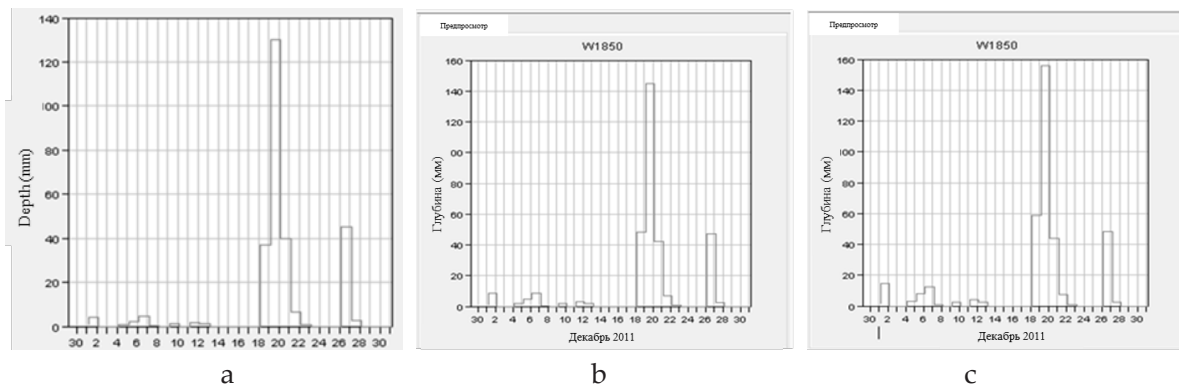


Figure 6. Simulated graphs of excess precipitation by years for December 2011:
 a) W3540-1998; b) W1850-2009; c) W1850-2018

The modeling of excess cumulative precipitation plots is a crucial aspect of this study. Similar to cumulative precipitation plots, excess cumulative precipitation plots exhibit a considerable surge due to the December 20 severe event, as illustrated in the figures below (Figure 7).

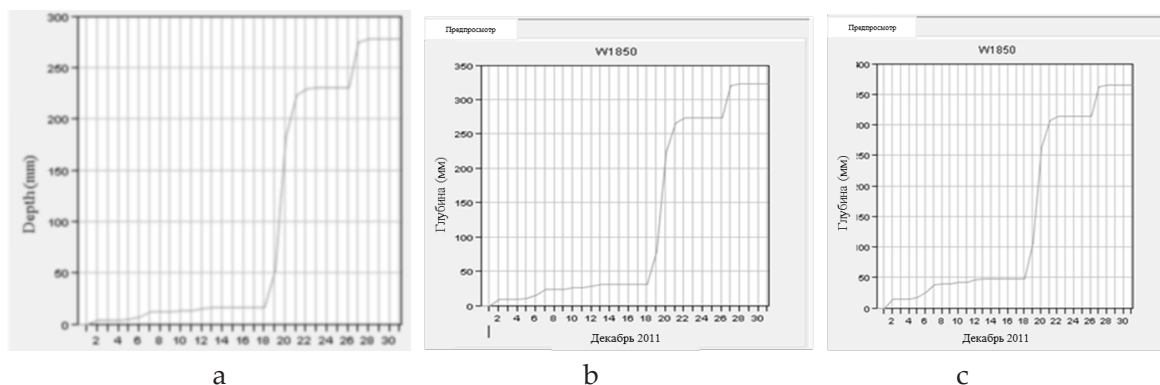


Figure 7. Simulated graphs of cumulative excess precipitation by years for December 2011:
 a) W3540-1998; b) W1850-2009; c) W1850-2018

The modeling of precipitation loss plots is a key aspect of this research. Precipitation loss occurs due to various factors such as interception, evaporation, transpiration, accumulation in depressions, and infiltration. The results indicate that there is a decreasing trend in precipitation loss from 1998 to 2018, which can be attributed to the changes in land use (Figure 8).

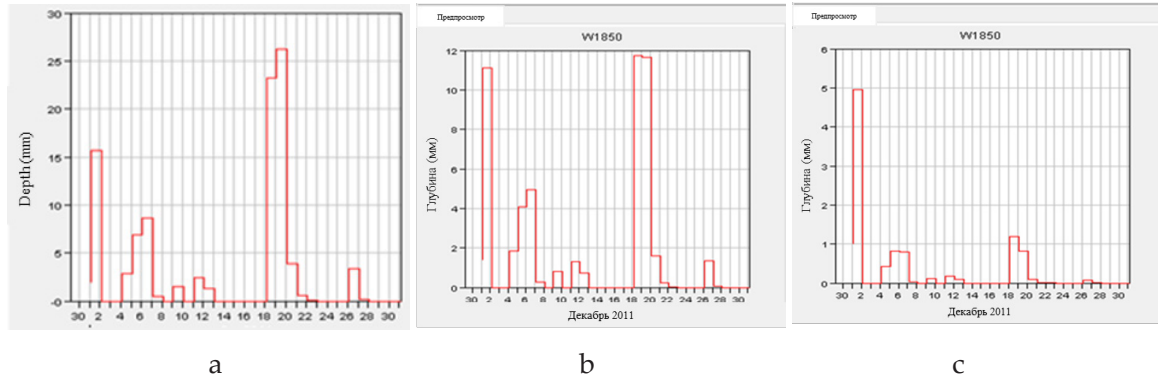


Figure 8. Simulated graphs of precipitation losses by years for December 2011:
 a) W3540-1998; b) W1850-2009; c) W1850-2018

The simulation plots of cumulative precipitation loss hold immense significance in the domain of water resource planning and management. These plots present a comprehensive view of the cumulative precipitation loss over a period of time and enable the identification of peak water flows. In the present study, the cumulative precipitation loss graphs portray a significant surge owing to the December 20 exceptional event. This information can be valuable for making informed decisions, such as for assessing flood risks or devising water flow plans during a drought (Figure 9).

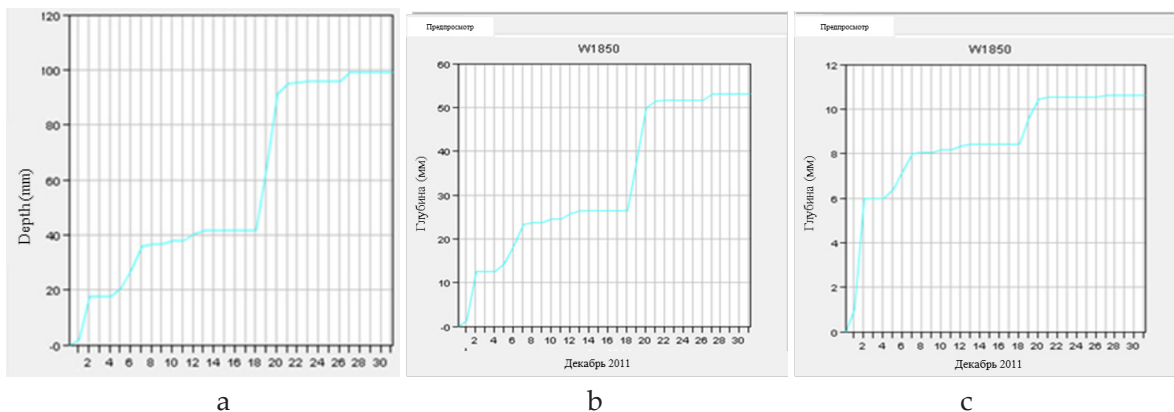


Figure 9. Simulated graphs of cumulative precipitation loss by years for December 2011:
 a) W3540-1998; b) W1850-2009; c) W1850-2018

The meteorological time series for the selected weather station spans over 50 years, meeting the minimum requirement for stationary meteorological observations. The coefficient of variability (C_v) ranges from 1.1 to 1.4, which is generally considered high, indicating a significant level of variability in the observed data. A low variability is classified as $C_v < 0.05$, medium as C_v between 0.05 and 0.10, and high as $C_v > 0.10$.

To calculate the security curve, theoretical parameters Q_0 , C_v , C_s , and $k_p\%$ were utilized through the Foster-Rybkin method. The resulting probability curves were constructed using monthly and annual mean water discharges. A summary table was compiled, specifying the meteorological parameters for the 4%, 20%, 50%, 75%, and 95% probability levels.

Homogeneity of the long-term meteorological series was analyzed using statistical criteria, including Fisher's, Student's, and Wilcoxon's tests in the Stockstat program. Two out of three criteria indicated homogeneity between the compared samples at a significance level of 0.05. Empirical probability curves were then constructed to visualize the results, indicating the percentage of the year in which a particular amount of precipitation occurs. These curves are based on the stationary observations from the Karaganda meteorological station and were calculated using a grouped

series for homogeneous populations. The probability curves can provide useful information for planning water-related activities and analyzing climate changes in the region (Figure 10).

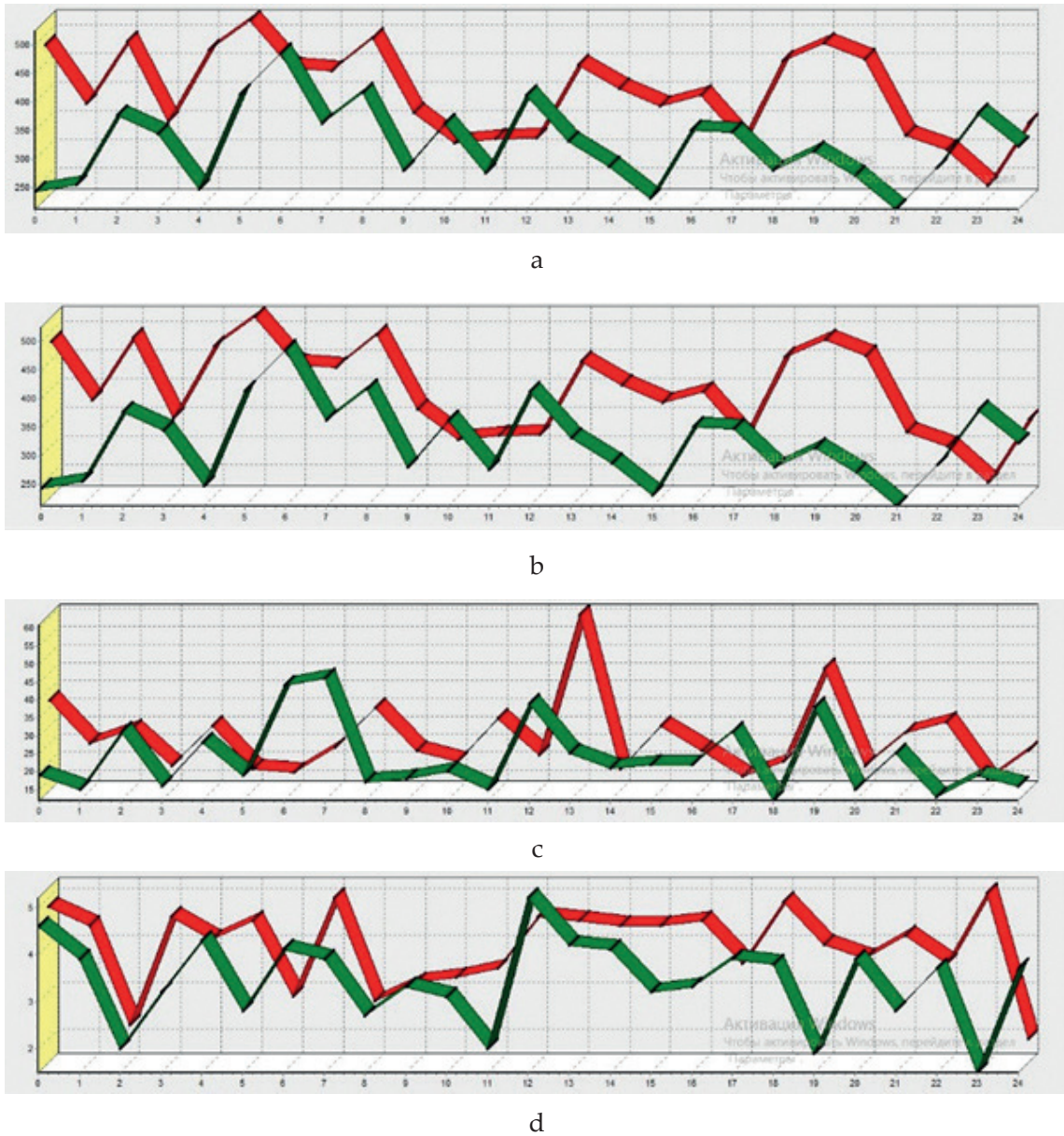


Figure 10. Assessment of homogeneity: a) multiyear meteorological series - sum of mean annual precipitation; b) total annual precipitation; c) total daily maximum amount of precipitation; d) mean annual air temperature

It is important to highlight that the region under consideration experiences an annual total precipitation of 298 mm in dry years with 75% security, while in the most favorable years with 4% security, the annual total precipitation reaches 494 mm. Furthermore, the maximum daily precipitation during years with 4% probability of high precipitation over a multi-year period is 46 mm per day, whereas during dry periods it is 18 mm per day, which is less than twice as much.

This study presents a geoprocessing toolkit that offers a comprehensive framework for handling geographic and related data. The toolkit is equipped with an array of geoprocessing tools that enable automated spatial analysis and management of geographic information system

data. By utilizing a digital elevation model, a trimmed shapefile comprising land use/land cover polygons, and a CNLookup table, the proposed geoprocessing program can perform watershed delineation and create a grid of curved numbers simultaneously. Developed using the Python programming language, the geoprocessing program integrates multiple procedures into a single entity (Figure 11).

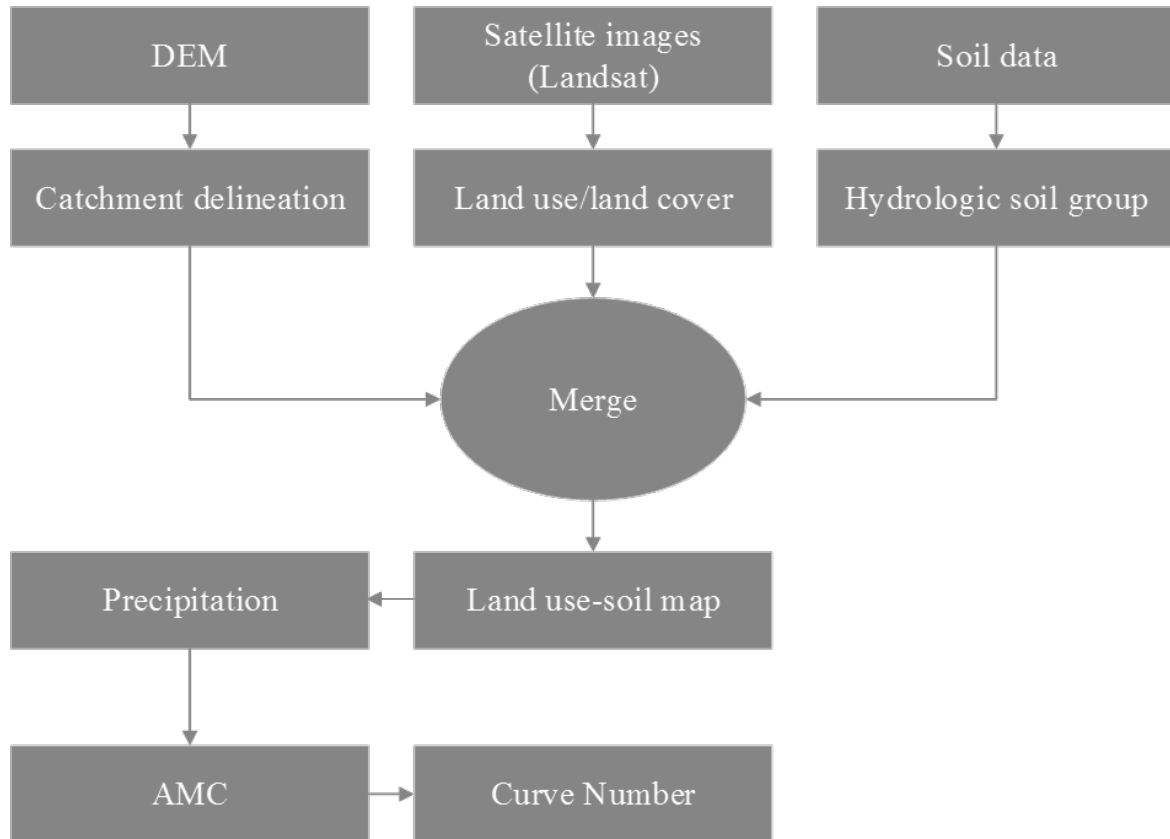


Figure 11. Geoprocessing toolset

Watershed delineation is crucial for identifying surface water characteristics within a watershed and comprehending downstream effects when planning and implementing measures to protect and mitigate water quality and quantity. While some dams worldwide can be appropriately represented in a single basin, others require division into several sub-basins. The rainfall flow mechanism employed and a range of hydrologic characteristics influences the size and definition of sub-basins.

Curve numbers are widely utilized in hydrologic modeling, including rainfall-runoff models for predicting runoff volume and peak flows. The curve numbers serve to approximate the infiltration, interception, and storage capacity of various land covers and are determined based on soil cover and soil type.

Currently, determining catchment boundaries and obtaining curve numbers are complicated and time-consuming procedures. However, the developed geoprocessing program offers a simpler approach to calculate catchment boundaries and a grid of curve numbers.

Conclusion

The results of this study have significant implications for the development of the construction sector in Kazakhstan. The developed integrated approach for the location and design of dams, taking into account climate change and land use scenarios in river basins affected by urbanization,

represents an effective domestic solution for hydrological monitoring. The approach can lead to more precise and reliable monitoring of water resources in these river basins, ensuring safer and more efficient construction of dams, and enabling the effective management of water resources in these areas.

Moreover, the developed approach can contribute to the sustainable development of the country, ensuring the proper management and conservation of water resources, while also promoting the economic development of the region. By taking into account the impacts of climate change and urbanization, the approach can help to mitigate the risks of flood and drought, and ensure the long-term sustainability of the water resources.

In conclusion, the developed integrated approach for the location and design of dams, taking into account climate change and land use scenarios in river basins affected by urbanization, represents a valuable contribution to the field of hydrological monitoring and the construction sector in Kazakhstan. The approach can ensure the sustainable development of the country by promoting the efficient management of water resources, mitigating the risks of flood and drought, and ensuring the economic development of the region.

Acknowledgments

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant № AP09258790).

References

1. Presidents and Leaders of the IAEG Visited the Medeo Dam in the Soviet Union / S. Valentina, K. Andrey // *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 7*. – Cham: Springer International Publishing, 2014. – P. 251–255. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09303-1_50
2. Irrigation in the Ili River Basin of Central Asia: From Ditches to Dams and Diversion / S. Pueppke, Q. Zhang, S. Nurtazin // *Water*. – 2018. – Vol. 10, No. 11. – P. 1650. <https://doi.org/10.3390/w10111650>
3. A technique for scenario prediction of changes in water balance components in northern river basins in the context of possible climate change / E.M. Gushev, O.N. Nassonova // *Water Resources*. – 2013. – Vol. 40, No. 4. – P. 426–440. <https://doi.org/10.1134/S0097807813040040>
4. Dam Site Characterization Based on Land Use and Land Cover Changes in Urban Catchments. A Case of the Msimbazi Catchment in Dar es Salaam, Tanzania / T. Mkilima // *Technobius*. – 2023. – Vol. 3, No. 1. – P. 0034. <https://doi.org/10.54355/tbus/3.1.2023.0034>
5. Environmental risk index: A tool to assess the safety of dams for leachate / F.J. Colomer Mendoza, A. Gallardo Izquierdo // *Journal of Hazardous Materials*. – 2009. – Vol. 162, No. 1. – P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.05.018>
6. Research of accidents of hydraulic structures and safety control methods / Ye.M. Akhmetov, K.M. Assemov, M.O. Zhumatayeva // *Izvestiya Tomskogo Politehnicheskogo Universiteta Inzhiniring Georesurov*. – 2020. – Vol. 331, No. 4. – P. 70–82. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/4/2595>
7. The influence of material characteristics on dam stability under rapid drawdown conditions / Y. Uteпов, Z. Lechowicz, A. Zhussupbekov, Z. Skutnik, A. Aldungarova, T. Mkilima // *Archives of Civil Engineering*. – 2022. – Vol. 68, No. 1. – P. 539–553. <https://doi.org/10.24425/ACE.2022.140184>
8. Dynamics of Embankment Slope Stability under Combination of Operating Water Levels and Drawdown Conditions / Y.B. Uteпов, A.K. Aldungarova, T. Mkilima, I.M. Pidal, A.S. Tulebekova, S.Z. Zharassov, A.K. Abisheva // *Infrastructures*. – 2022. – Vol. 7, No. 5. – P. 65. <https://doi.org/10.3390/infrastructures7050065>
9. The potential effects caused by long-term water level changes on embankment slope stability under rapid drawdown / A.K. Aldungarova, Ye.B. Uteпов, T. Mkilima, A.S. Tulebekova, Sh.Zh. Zharassov // *Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction*. – 2022. – Vol. 83, No. 1. – P. 107–119. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2022.1-01>

10. Potential Impact of Land-Use Changes on River Basin Hydraulic Parameters Subjected to Rapid Urbanization / Y.B. Utegov, A. Aniskin, T. Mkilima, Zh.A. Shakhmov, G. Kozina // *Tehnicki vjesnik - Technical Gazette*. – 2021. – Vol. 28, No. 5. – P. 1519–1525. <https://doi.org/10.17559/TV-20200808134641>
11. Heterogeneous embankment dam under rapid drawdown / A. Aldungarova, T. Mkilima, Y. Utegov, A. Tulebekova, S. Zharassov – 2023. <https://doi.org/http://engstroy.spbstu.ru/en/article/2023.117.08/>
12. Dam construction attenuates trace metal contamination in water through increased sedimentation in the Three Gorges Reservoir / H. Bing, Y. Liu, J. Huang, X. Tian, H. Zhu, Y. Wu // *Water Research*. – 2022. – Vol. 217. – P. 118419. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118419>
13. Generalization of SCS Curve Number Method / M. Bosznay // *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. – 1989. – Vol. 115, No. 1. – P. 139–144. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1989\)115:1\(139\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1989)115:1(139))
14. Sustainable water resource supply of the Republic of Kazakhstan [Electronic resource] – Mode of access: <https://geoportal.ingeo.kz/> (accessed date: 08.04.2023).
15. GIS-Lab: Soil maps of global coverage [Electronic resource] – Mode of access: <https://gis-lab.info/qa/world-soil-maps.html> (accessed date: 08.04.2023).
16. Topographical map of Kazakhstan [Electronic resource] – Mode of access: http://www.etomesto.ru/map-kazakhstan_topo/ (accessed date: 08.04.2023).
17. OpenTopography Data [Electronic resource] – Mode of access: <https://portal.opentopography.org/login> (accessed date: 08.04.2023).
18. EarthExplorer [Electronic resource] – Mode of access: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (accessed date: 08.04.2023).
19. JAXA-EORC [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.eorc.jaxa.jp/> (accessed date: 08.04.2023).
20. Open Access Hub [Electronic resource] – Mode of access: <https://scihub.copernicus.eu/> (accessed date: 08.04.2023).
21. CGIAR-CSI SRTM – SRTM 90m DEM Digital Elevation Database [Electronic resource] – Mode of access: <https://srtm.csi.cgiar.org/> (accessed date: 08.04.2023).
22. Earthdata Search | Earthdata Search [Electronic resource] – Mode of access: <https://search.earthdata.nasa.gov/search> (accessed date: 08.04.2023).
23. GIS Mapping Software, Location Intelligence & Spatial Analytics | Esri [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.esri.com/en-us/home> (accessed date: 08.04.2023).
24. Welcome to the QGIS project! [Electronic resource] – Mode of access: <https://qgis.org/en/site/> (accessed date: 08.04.2023).
25. Safety, Infrastructure & Geospatial | Hexagon [Electronic resource] – Mode of access: https://hexagon.com/company/divisions/safety-infrastructure-geospatial?utm_easyredir=www.hexagongeospatial.com (accessed date: 08.04.2023).
26. Precisely - Better data. Better decisions. [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.precisely.com/> (accessed date: 08.04.2023).
27. Safe Software | FME | Data Integration Platform [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.safe.com/> (accessed date: 08.04.2023).
28. Welcome to the QGIS project! [Electronic resource] – Mode of access: <https://qgis.org/en/site/> (accessed date: 08.04.2023).
29. Home - Portal gvSIG [Electronic resource] – Mode of access: <http://www.gvsig.com/en> (accessed date: 08.04.2023).
30. GRASS GIS - Bringing advanced geospatial technologies to the world [Electronic resource] – Mode of access: <https://grass.osgeo.org/> (accessed date: 08.04.2023).
31. Home - 52°North Spatial Information Research GmbH [Electronic resource] – Mode of access: <https://52north.org/> (accessed date: 08.04.2023).
32. SAGA - System for Automated Geoscientific Analyses [Electronic resource] – Mode of access: <https://saga-gis.sourceforge.io/> (accessed date: 08.04.2023).
33. The influence of land use and land cover change on stormwater runoff in a highly urbanizing catchment. A case of Msimbazi catchment in Dar es Salaam city, Tanzania / T. Mkilima // *Journal of Geography and Environmental Management*. – 2021. – Vol. 63, No. 4. – P. 26–35. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2021.v63.i4.03>

34. Comparative analysis of regulatory documents in the design and operation of dams / A. K. Aldungarova, T. Mkilima, Ye. B. Uteпов, A. S. Tulebekova, Sh. Zh. Zharassov // Science and Technology of Kazakhstan. – 2021. – No. 3. – P. 85–94. <https://doi.org/10.48081/VHWM9115>

35. Defining the boundaries and area of the Samarkand Reservoir catchment based on digital elevation models / A. Aldungarova, Y. Uteпов, T. Mkilima, A. Tulebekova, Sh. Zharassov, A. Abisheva // Journal of Geography and Environmental Management. – 2021. – Vol. 62, No. 3. – P. 32–42. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2021.v62.i3.03>

**А.К. Аддунгарова^{1,3}, И.М. Пидал^{2,3}, Ш.Ж. Жарасов³, С.Б. Анапьянова¹,
Г.К. Мамырбекова¹, Ю.Н. Еремеева¹**

¹Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан

²Мадрид политехникалық университеті, Мадрид, Испания

³CSI Research&Lab ЖШС, Астана, Қазақстан

Қазақстанның гидротехникалық құрылыстарын қайта қарау: ГАЖ арқылы климаттың өзгеруі мен жерді пайдалану сценарийлерін ескере отырып, бөгеттерді жобалау мен орналастыру әдісі

Андатпа. Бұл мақалада көптеген өңірлердегі су тапшылығына байланысты Қазақстан экономикасындағы гидротехникалық құрылыстардың, атап айтқанда бөгеттердің маңыздылығы қарастырылады. Мақалада климаттың өзгеруі мен жерді пайдалану сценарийлерін ескере отырып, бөгеттерді орналастыру мен жобалауға кешенді көзқарастың қажеттілігі көрсетілген. Мақалада сонымен қатар жерді пайдалану мен климаттың өзгеруін ескере отырып, бөгеттердің жобалық параметрлері мен сипаттамаларын жаңарту қажеттілігі көрсетілген. Самарқанд су қоймасының гидрожүйесі жаңа төгілудің ықтимал қауіптерін және техникалық жаңғырту қажеттілігін талқылау үшін мысал ретінде пайдаланылады. Мақалада іздестіру жұмыстарына, бөгеттерді орналастыруға және жобалауға ГАЖ негізінде кешенді тәсілді әзірлеу жобалау-іздестіру жұмыстарының сапасын арттырып, су қоймаларын жобалау мен пайдалануды жаңғыртуға әкелуі мүмкін деп болжанады. Зерттеу экологиялық және экономикалық мүдделерді ескере отырып, өзен ағынын икемді және қауіпсіз басқаруды қамтамасыз ету үшін заманауи зерттеу әдістерін, соның ішінде ғарыштық әдістерді пайдалануды ұсынады. Мақалада өзен ағынының сипаттамаларының ықтимал өзгерістерін және жерді пайдалану мен климаттық сценарийлердегі өзгерістердің әсерін ескере отырып, ГАЖ негізіндегі бөгеттерді орналастыру мен жобалаудың кешенді әдістемесі гидротехникалық инженерлердің тиімділігін арттырып, жұмысын оңтайландыруы мүмкін деген қорытындыға келді.

Түйін сөздер: бөгет, тоған, ГАЖ, СРМ, Landsat, жер жамылғысы.

**А.К. Аддунгарова^{1,3}, И.М. Пидал^{2,3}, Ш.Ж. Жарасов³, С.Б. Анапьянова¹,
Г.К. Мамырбекова¹, Ю.Н. Еремеева¹**

¹Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серікбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан

²Политехнический университет Мадрида, Мадрид, Испания

³ТОО CSI Research&Lab, Астана, Казахстан

Пересмотр гидротехнических сооружений Казахстана: ГИС-подход к проектированию и расположению плотин с учетом сценариев изменения климата и землепользования

Аннотация. В данной статье рассматривается важность гидротехнических сооружений, в частности плотин, в экономике Казахстана в связи с нехваткой воды во многих регионах. В статье подчеркивается необходимость комплексного подхода к размещению и проектированию плотин с учетом изменения климата и сценариев землепользования. В статье также подчеркивается необходимость обновления проектных параметров и характеристик плотин с учетом изменений

в землепользовании и климате. На примере гидроузла Самаркандского водохранилища рассматриваются потенциальные опасности нового водосбора и необходимость его технической модернизации. В статье высказывается предположение, что разработка комплексного подхода на основе ГИС к изыскательским работам, определению местоположения и проектированию плотин может повысить качество проектно-изыскательских работ и привести к модернизации проектирования и эксплуатации водохранилищ. В исследовании предлагается использовать современные методы исследования, в том числе космические, для обеспечения более гибкого и безопасного управления речным стоком с учетом экологических и экономических интересов. В статье делается вывод, что комплексная методология на основе ГИС для размещения и проектирования плотин, учитывающая потенциальные изменения характеристик речного стока и влияние изменений в землепользовании и климатических сценариях, может повысить эффективность и оптимизировать работу гидротехников.

Ключевые слова: плотины, дамбы, ГИС, ЦМР, Landsat, почвенный покров.

References

1. Presidents and Leaders of the IAEG Visited the Medeo Dam in the Soviet Union / S. Valentina, K. Andrey // *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 7*. – Cham: Springer International Publishing, 2014. – P. 251–255. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09303-1_50
2. Irrigation in the Ili River Basin of Central Asia: From Ditches to Dams and Diversion / S. Pueppke, Q. Zhang, S. Nurtazin // *Water*. – 2018. – Vol. 10, No. 11. – P. 1650. <https://doi.org/10.3390/w10111650>
3. A technique for scenario prediction of changes in water balance components in northern river basins in the context of possible climate change / E.M. Gushev, O.N. Nasonova // *Water Resources*. – 2013. – Vol. 40, No. 4. – P. 426–440. <https://doi.org/10.1134/S0097807813040040>
4. Dam Site Characterization Based on Land Use and Land Cover Changes in Urban Catchments. A Case of the Msimbazi Catchment in Dar es Salaam, Tanzania / T. Mkilima // *Technobius*. – 2023. – Vol. 3, No. 1. – P. 0034. <https://doi.org/10.54355/tbus/3.1.2023.0034>
5. Environmental risk index: A tool to assess the safety of dams for leachate / F.J. Colomer Mendoza, A. Gallardo Izquierdo // *Journal of Hazardous Materials*. – 2009. – Vol. 162, No. 1. – P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.05.018>
6. Research of accidents of hydraulic structures and safety control methods / Ye.M. Akhmetov, K.M. Assemov, M.O. Zhumatayeva // *Izvestiya Tomskogo Politekhnikheskogo Universiteta Inzhiniring Georesursov*. – 2020. – Vol. 331, No. 4. – P. 70–82. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/4/2595>
7. The influence of material characteristics on dam stability under rapid drawdown conditions / Y. Uteпов, Z. Lechowicz, A. Zhussupbekov, Z. Skutnik, A. Aldungarova, T. Mkilima // *Archives of Civil Engineering*. – 2022. – Vol. 68, No. 1. – P. 539–553. <https://doi.org/10.24425/ACE.2022.140184>
8. Dynamics of Embankment Slope Stability under Combination of Operating Water Levels and Drawdown Conditions / Y.B. Uteпов, A.K. Aldungarova, T. Mkilima, I.M. Pidal, A.S. Tulebekova, S.Z. Zharassov, A.K. Abisheva // *Infrastructures*. – 2022. – Vol. 7, No. 5. – P. 65. <https://doi.org/10.3390/infrastructures7050065>
9. The potential effects caused by long-term water level changes on embankment slope stability under rapid drawdown / A.K. Aldungarova, Ye.B. Uteпов, T. Mkilima, A.S. Tulebekova, Sh.Zh. Zharassov // *Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction*. – 2022. – Vol. 83, No. 1. – P. 107–119. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2022.1-01>
10. Potential Impact of Land-Use Changes on River Basin Hydraulic Parameters Subjected to Rapid Urbanization / Y.B. Uteпов, A. Aniskin, T. Mkilima, Zh.A. Shakhmov, G. Kozina // *Tehnicky vjesnik - Technical Gazette*. – 2021. – Vol. 28, No. 5. – P. 1519–1525. <https://doi.org/10.17559/TV-20200808134641>
11. Heterogeneous embankment dam under rapid drawdown / A. Aldungarova, T. Mkilima, Y. Uteпов, A. Tulebekova, S. Zharassov – 2023. <https://doi.org/http://engstroy.spbstu.ru/en/article/2023.117.08/>
12. Dam construction attenuates trace metal contamination in water through increased sedimentation in the Three Gorges Reservoir / H. Bing, Y. Liu, J. Huang, X. Tian, H. Zhu, Y. Wu // *Water Research*. – 2022. – Vol. 217. – P. 118419. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118419>

13. Generalization of SCS Curve Number Method / M. Bosznay // Journal of Irrigation and Drainage Engineering. – 1989. – Vol. 115, No. 1. – P. 139–144. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1989\)115:1\(139\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1989)115:1(139))
14. Sustainable water resource supply of the Republic of Kazakhstan [Electronic resource] – Mode of access: <https://geoportal.ingeo.kz/> (accessed date: 08.04.2023).
15. GIS-Lab: Soil maps of global coverage [Electronic resource] – Mode of access: <https://gis-lab.info/qa/world-soil-maps.html> (accessed date: 08.04.2023).
16. Topographical map of Kazakhstan [Electronic resource] – Mode of access: http://www.etomesto.ru/map-kazakhstan_topo/ (accessed date: 08.04.2023).
17. OpenTopography Data [Electronic resource] – Mode of access: <https://portal.opentopography.org/login> (accessed date: 08.04.2023).
18. EarthExplorer [Electronic resource] – Mode of access: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (accessed date: 08.04.2023).
19. JAXA-EORC [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.eorc.jaxa.jp/> (accessed date: 08.04.2023).
20. Open Access Hub [Electronic resource] – Mode of access: <https://scihub.copernicus.eu/> (accessed date: 08.04.2023).
21. CGIAR-CSI SRTM – SRTM 90m DEM Digital Elevation Database [Electronic resource] – Mode of access: <https://srtm.csi.cgiar.org/> (accessed date: 08.04.2023).
22. Earthdata Search | Earthdata Search [Electronic resource] – Mode of access: <https://search.earthdata.nasa.gov/search> (accessed date: 08.04.2023).
23. GIS Mapping Software, Location Intelligence & Spatial Analytics | Esri [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.esri.com/en-us/home> (accessed date: 08.04.2023).
24. Welcome to the QGIS project! [Electronic resource] – Mode of access: <https://qgis.org/en/site/> (accessed date: 08.04.2023).
25. Safety, Infrastructure & Geospatial | Hexagon [Electronic resource] – Mode of access: https://hexagon.com/company/divisions/safety-infrastructure-geospatial?utm_easyredir=www.hexagongeospatial.com (accessed date: 08.04.2023).
26. Precisely - Better data. Better decisions. [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.precisely.com/> (accessed date: 08.04.2023).
27. Safe Software | FME | Data Integration Platform [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.safe.com/> (accessed date: 08.04.2023).
28. Welcome to the QGIS project! [Electronic resource] – Mode of access: <https://qgis.org/en/site/> (accessed date: 08.04.2023).
29. Home - Portal gvSIG [Electronic resource] – Mode of access: <http://www.gvsig.com/en> (accessed date: 08.04.2023).
30. GRASS GIS - Bringing advanced geospatial technologies to the world [Electronic resource] – Mode of access: <https://grass.osgeo.org/> (accessed date: 08.04.2023).
31. Home - 52°North Spatial Information Research GmbH [Electronic resource] – Mode of access: <https://52north.org/> (accessed date: 08.04.2023).
32. SAGA - System for Automated Geoscientific Analyses [Electronic resource] – Mode of access: <https://saga-gis.sourceforge.io/> (accessed date: 08.04.2023).
33. The influence of land use and land cover change on stormwater runoff in a highly urbanizing catchment. A case of Msimbazi catchment in Dar es Salaam city, Tanzania / T. Mkilima // Journal of Geography and Environmental Management. – 2021. – Vol. 63, No. 4. – P. 26–35. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2021.v63.i4.03>
34. Comparative analysis of regulatory documents in the design and operation of dams / A. K. Aldungarova, T. Mkilima, Ye. B. Utepov, A. S. Tulebekova, Sh. Zh. Zharassov // Science and Technology of Kazakhstan. – 2021. – No. 3. – P. 85–94. <https://doi.org/10.48081/VHWM9115>
35. Defining the boundaries and area of the Samarkand Reservoir catchment based on digital elevation models / A. Aldungarova, Y. Utepov, T. Mkilima, A. Tulebekova, Sh. Zharassov, A. Abisheva // Journal of Geography and Environmental Management. – 2021. – Vol. 62, No. 3. – P. 32–42. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2021.v62.i3.03>

Information about authors:

A. Aldungarova – PhD, Associate Professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, 69 Protozanov str., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; Project Manager at the CSI Research&Lab LLP, 7 Almaty str., Astana, Kazakhstan.

I. Pidal – Doctor of Technical Sciences, Professor, Universidad Politécnica de Madrid, 7 Calle Ramiro de Maeztu, Madrid, Spain.

Sh. Zharassov – Junior Researcher, CSI Research&Lab LLP, 7 Almaty str., Astana, Kazakhstan.

S. Anapyanova – Lecturer, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, 69 Protozanov str., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

G. Mamyrbekova – Senior Lecturer, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, 69 Protozanov str., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

Yu. Yeremeyeva – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, 69 Protozanov str., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

А.К. Алдунгарова – PhD, қауымдастырылған профессор, «Сәулет және құрылыс» мектебінің деканы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Протозанов көш., 69, Өскемен, Қазақстан; «CSI Research&Lab» ЖШС жоба жетекшісі, Алматы көш., 7, Астана, Қазақстан.

И.М. Пидаль – т.ғ.д., профессор, Мадрид политехникалық университеті, Рамиро де Маэзту көш., 7, Мадрид, Испания.

Ш.Ж. Жарасов – кіші ғылыми қызметкері, «CSI Research&Lab» ЖШС, Алматы көш., 7, Астана, Қазақстан.

С.Б. Анапьянова – оқытушы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Протозанов көш., 69, Өскемен, Қазақстан.

Г.К. Мамырбекова – аға оқытушы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Протозанов көш., 69, Өскемен, Қазақстан.

Ю.Н. Еремеева – т.ғ.к., аға оқытушы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Протозанов көш., 69, Өскемен, Қазақстан.

А.К. Алдунгарова – PhD, ассоциированный профессор, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, ул. Протозанова, 69, Усть-Каменогорск, Казахстан; руководитель проекта ТОО «CSI Research&Lab», ул. Алматы, 7, Астана, Казахстан.

И.М. Пидаль – доктор технических наук, профессор, Политехнический университет Мадрида, ул. Рамиро де Маэзту, 7, Мадрид, Испания.

Ш.Ж. Жарасов – младший научный сотрудник, ТОО «CSI Research&Lab», ул. Алматы, 7, Астана, Казахстан.

С.Б. Анапьянова – преподаватель, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, ул. Протозанова, 69, Усть-Каменогорск, Казахстан.

Г.К. Мамырбекова – старший преподаватель, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, ул. Протозанова, 69, Усть-Каменогорск, Казахстан.

Ю.Н. Еремеева – кандидат технических наук, старший преподаватель, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, ул. Протозанова, 69, Усть-Каменогорск, Казахстан.

S. Kosparmakova*, Zh. Shashpan, D. Bazarbayev

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

E-mail: *smartsam0509@gmail.com

Investigating the Superpave Mixture Design Approach for Hot-Mix Asphalt in Kazakhstan

Abstract. *The purpose of this research was to assess the feasibility of constructing high-performance paving (Superpave) for Kazakhstan with only locally sourced ingredients. Similarly, a standard Marshall technique combination that meets the technical requirements of Kazakhstan was compared. One granite aggregate supplier, 2 aggregate grading, and 2 types of asphalt binder made up the test design. Consensus and source aggregate characteristics requirements met with the Superpave design mix method using locally manufactured granite aggregate. Also, the mixtures volumetric parameters indicated that the asphalt binder content of the superpave combination has shown lower than locally-traditionally Marshall mix. The combinations of Superpave fared better in rutting and moisture resistance tests than those made in the conventional manner. After the ITS values from both samples were averaged, the decrease in significance for the superpave mixtures was 9.1%. It was below the 20% loss level required by the Superpave guidelines. Also by rutting resistance results were significantly differences for 85.5% PG70 with 9.5mm NMAS. All of these results point to the superiority of new method Superpave over the Marshall method.*

Key words: *Superpave, Marshall mix design, rutting, asphalt pavement, moisture resistance.*

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-62-71

1. Introduction

Extreme rutting (permanent deformation) and moisture-induced problems in hot-mixture asphalt (HMA) pavements caused by repeated high loadings and sharp continental environment are a global issue of great concern in the transportation business. New build pavements may deteriorate prematurely as soon as 2 years after completion. Transportation agencies at the municipal level have noticed this, and the massive yearly budget for upkeep is indicative of this. Pavement design is being done using the classic designing approach (pressing) and the Marshall method in many industrialized nations, including Kazakhstan. In Kazakhstan, HMA mixes are being developed using the Marshall mixture design approach.

The Hubbard-Field approach was the first formal design method for asphalt mixes, as per Roberts et al. (2002); the Hveem method of asphalt mixture design was finalized in 1959, and the whole process was published in the Asphalt Institute Manual Series 2 and in ASTM 1557. Back in the years before 1943, Bruce Marshall tried to come up with a technique to measure the asphalt content of mixes in the lab by developing a process called the Marshall mixture design method.

Not only in the United States, but also in a broad variety of other nations, did the Marshall mixture design approach see extensive adoption. Unfortunately, several highways began experiencing issues, such as early rutting, throughout the pavement's service life in the 1980s. Many engineers speculated that the difficulties stemmed from the impact compaction process used to create the specimens [1-5]. Impact compaction does not replicate the densification that happens under traffic, and the Marshall mixture design approach lacks a rigorous theoretical basis (Roberts et al. 2002). A considerable budget was allocated in 1987 under the Strategic Highway Research Program to begin the changeover from the Marshall technique of mixture design to the Superpave approach. Superpave, an abbreviation for better performing asphalt pavements, is a novel performance-based mixture design process created in 1993 [5-7]. Most of the states in the United States now use Superpave. For this reason, now is the perfect opportunity for all nations to embark on a paradigm change to either improve their current HMA design system or switch to one that is more effective. Kazakhstan was chosen as a case study country so that its design performance could be compared to that of other nations' using Superpave HMA mixes [8-12].

2. Methods and Materials

There were two parts of this investigation. For the first part of this research, researchers employed the Superpave mixture design approach and the more traditional Marshall method to create HMA blends. Local aggregate qualities were also examined to ensure they met the rigorous consensus and source aggregate criteria used in the Superpave system before the mixture design process began. For the Marshall mixture design, we additionally double-checked that the aggregate conditions outlined in the local standards were met [13, 14].

A total of eight mixes were created for this purpose, four of which were created using the Marshall method and the other four using the Superpave method. For the purpose of this research, the provider of aggregates were local factories of the region used in road building. All aggregate gradations were chosen for their compatibility with the local specifications and Superpave gradation requirements, and they all fall within the top and lower limitations [15].

Although the weather in Kazakhstan varies from region to region, the supply of performance-graded (PG) asphalt binder is based on the higher temperature that is typical its part of the area. The effect of the decreased temperature is disregarded. Asphalt binders PG 64 (B1) and PG 70 (B2) were employed in this study. Each of these bindings is equal to a Penetration Grade (PEN) of 70/100 or 60/70.

In the second stage, the HMA mixes were tested to determine their properties and how well they performed. HMA's long-term deformation was measured using the moisture susceptibility and rutting tests, and mixes were characterized using the resilient modulus and dynamic creep tests [16-19].

3. Results and Discussion

3.1 HMA's testing volumetric qualities

As can be shown in Table 1, the aggregate qualities satisfy the acceptance requirements set forth by both Superpave and local technical specifications for HMA mixtures use. The features that are generally agreed upon are the angularity of the coarse aggregate, the angularity of the fine aggregate, elongation and flakiness, and clay content.

Table 1. The aggregate properties

Test names	Results	Specification limits
Coarse agg. angularity	77%	55-100 %
Fine agg. angularity	54%	>45
Flat and elongated sand	6.21%	<10
Equivalent	47.2%	>45
Soundness	6.5%	>10-20%
Toughness	12%	<45%
Deleteriousness	2.1%	0.2-10%
Local specification requirements for aggregates:		
Impact value	23%	<30%
Abrasion	23%	<30%
10% Fines	270 kN	>100 kN
Water absorption	0.8%	<2%

Useful characteristics in the evaluation included toughness, soundness and the presence of harmful substances.

Medium-to-high flow of traffic was selected for mixed design project. Design density for PWD mixture was achieved by compacting specimens with 75 blows per face, which is equal to 60–30 million ESALs for the Superpave mix design procedure [20-24]. To achieve this loading by Superpave, we need the gyration number 100. The aggregates design lines (Figures 1 and 2) that were created to fulfill Superpave and Marshall requirements for nominal maximum size of aggregate (NMAS) of 12.5 and 9.5 mm, respectively, are shown.

Aggregate was mixed with asphalt binder at 4% to 6.5% by weight in all of the batches. The parameters of optimal binder content, bulk density, voids filled with asphalt (VFA), and flow were calculated for a traditional mix with a 4% design air void content.

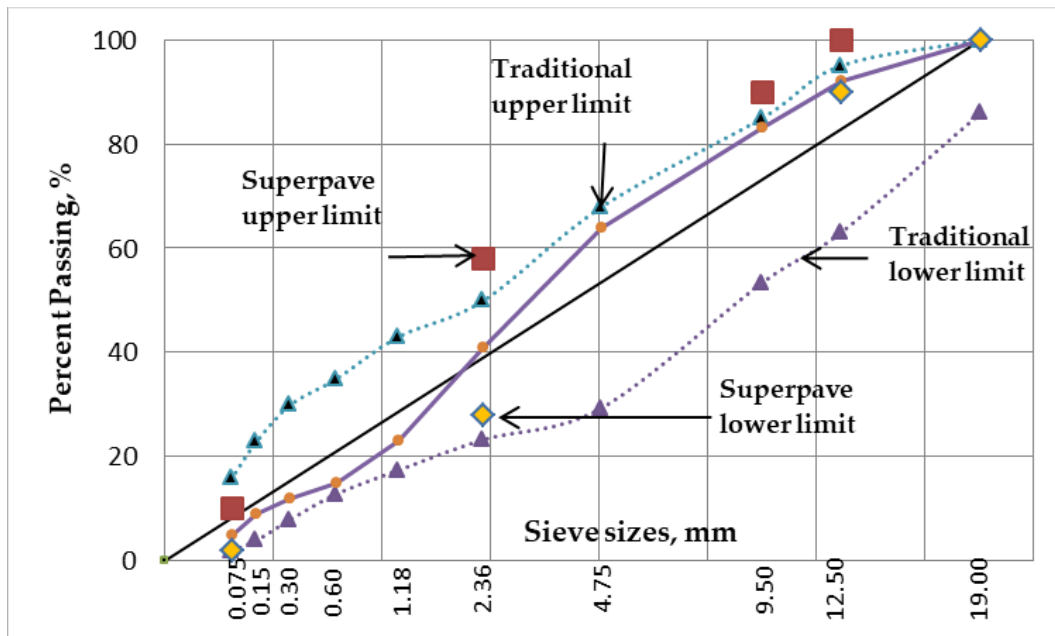


Figure 1. Aggregate design lines with size 12.5 mm

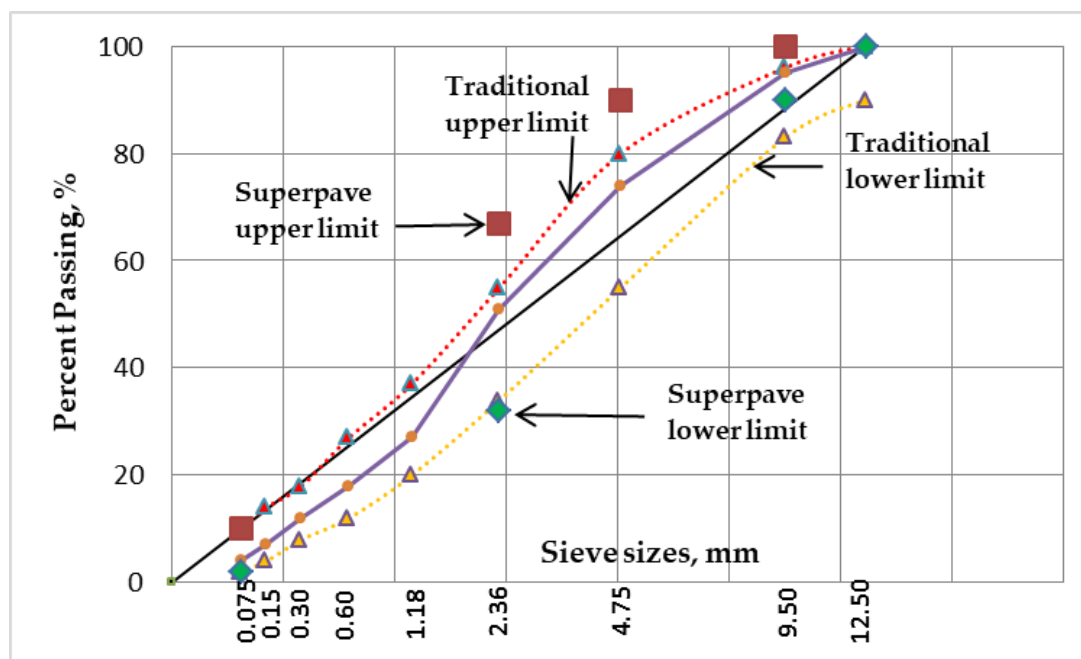


Figure 2. Aggregate design lines with size 9.5 mm

Mixed at optimum binder, the specimens of Superpave should exhibit volumetric qualities that are satisfactory in light of the predetermined Superpave standards. A SGC Compactor was used to compress the Superpave samples. The parameters of pressing for 6,000,000 ESALs were used with starting (N_{ini} 8 gyrations), design compaction (N_{des} 100 gyrations), and maximum effort (N_{max} 160 gyrations). Each specimen measured at designed gyration 150 mm in diameter and between 110 and 120 mm in height, depending on the relative density of the mixes. After estimated bulk specific gravity (G_{mb}) and theoretical maximum specific gravity (G_{mm}) of the mixture. The Superpave mix's optimum binder was then determined in order to provide desirable volumetric characteristics with air percentage 4%. For the volumetric characteristics usually take the VMA, VFA, Va (air voids) and DP (dust percentage). In Table 2, we can see the volumetric features of the design mixes that are associated with optimum binder content for all mixture [25, 26].

Superpave mixes with the same NMAS had lower optimum binder than conventional way of designing HMA. Most of the researchers came to the same conclusion between 2000-2007. Whereas both of the method mixtures faced with the standard limits and the combination show almost 0.5% greater than that of the Superpave mix. As a result, the Superpave mixes use less asphalt binder than conventional ones do for the same designed aggregate. It's possible that varying compaction techniques are to blame for these phenomena.

Table 2. The mixtures volumetric qualities

Test names	12.5-1	12.5-2	9.5-1	9.5-2	Standard limits
Traditionally mixes					
Optimum binder	5.7	5.9	6.0	6.3	-
Stability, kN	10.1	10.2	10.3	10.9	>8 kN
Flow, mm	3.6	3.6	3.2	3.4	2-4 mm
VFA, %	74	75	76	76	70-80%
SuperPave mixes					
Optimum binder	5.0	5.2	5.3	5.5	-
Va, % (air voids)	3.89	4.1	3.96	4.2	4%
VMA, %	14.1	14.6	14.2	14.5	>14
VFA, %	73.0	73.5	73.1	73.6	65-76%
DP	0.7	0.7	0.8	0.8	0.6-1.2

Note: 12.5-1 refers to PG 64 and 12.5-2 refers to PG70

The optimum binder of mixes with gradation size 9.5 mm is greater compared to mixes with 12.5 mm because the finer aggregates surface area requires a greater quantity of bitumen to cover the particles. The need for the minimum VMA is an essential signal that the mixture should have at least the minimal amount of binder that is authorized. This will guarantee that the combination will be durable.

3.2 HMA's pavement performance qualities

The sensitivity and durability of the Asphalt mix to deformations may be determined by evaluating the performance of the pavement. This is a very crucial step. As part of this investigation, tests for rutting and moisture susceptibility were carried out to ascertain the level of resistance to permanent deformation and, separately, damage caused by moisture.

The moisture sensitivity test uses AASHTO T283 method without taking into account the soundness test treatment [27]. It was shown that 2 subgroups of the compressed specimens, both had 4% air voids on average. Due to the climate condition in Kazakhstan the vacuum taking levels between 70-80 % were used for the test. The conditioned samples being stored in water bath at 60°C for 24 hours. Then the specimens moved to the 25°C degrees water bath for 2 hours before the testing. Table 3 displays all the results calculation that clear both conditioned and unconditioned samples tensile strength ratio (TSR) based on ITS measurements. Superpave mixes ITS loss meaning were 9.1% after averaging both samples ITS. This met the 20% losses threshold stipulated by Superpave standards (Asphalt Institute standard 2001). Figure 3 shows the apparatus representation used in moisture susceptibility test.

Table 3. Moisture susceptibility test results

Design types	Indirect Tension Test (kPa)		TSR (%)	Indirect Tension Test (kPa)		TSR (%)
	Unconditioned	Conditioned		Unconditioned	Conditioned	
	Superpave mix			Traditional mix		
12.5-1	626.4	513.9	82.0	460.8	459.6	99.7
12.5-2	671.5	634.7	94.5	464.1	451.7	97.3
9.5-1	703.7	615.8	87.5	544.6	536.1	98.4
9.5-2	640.2	632.4	98.8	515.8	497.9	96.5

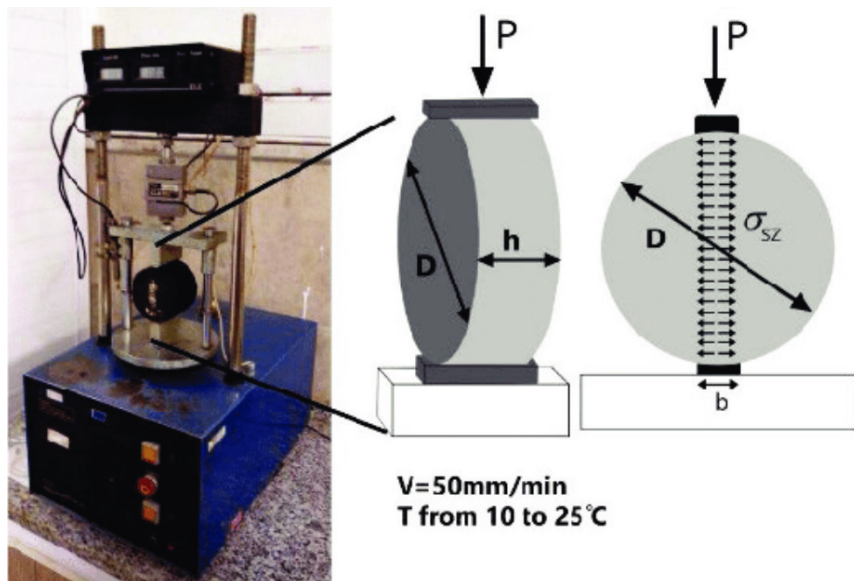


Figure 3. Moisture susceptibility test setup

The rutting depth test conducted by 20-4000 Wheel track testing machine which is designed to test asphalt concrete for rutting resistance in air and in water. The unit is compatible with asphalt samples obtained on a sector press or in the form of samples. Simultaneously two samples can be tested and there are several mould configurations have been developed for testing: 320x260 mm; 340x280 mm; 300x300 mm; 410x260 mm; 400x300 mm, but for tests the samples diameter must be - 150 mm in 2 pieces. Overall testing procedure program were set according to EN 12697-22. First, the samples were prepared on a 300x300 mm mold in special sector compactor, which is designed for the preparation of compacted asphalt samples 320 x 260 mm (410 x 260 mm optional) with a height of 40-120 mm in accordance with EN12697/33, Part 5.2. Thereby the samples were prepared approximately in 10 min, with 300x300 mm and 50 mm height by traditional method of designing, also samples compacted by SGC in circled form to save on material. After compactor, samples cooled in room temperature not less than for 24 hours, subsequently, tested for 20000 passages by 2 samples in parallel in 9 hours. The received results are assumed as high temperature and intensive movement rutting resistance indicator, which meet the standard.

As the result, Superpave mixes was much greater resistant for rutting than conventional method. A reduction of frictional resistance within aggregates is thought to be the consequence of too much bitumen in combination, leading to decreasing load capacity. Superpave design were shown to be less prone to rutting than the conventional way of designing. As can be seen in figure 4, the Superpave designs that make use of the PG 70 bitumen type are most resistant. The study's comparison results of various mixes show that HMA mixture is really affected by bitumen binder type and the design methodology.

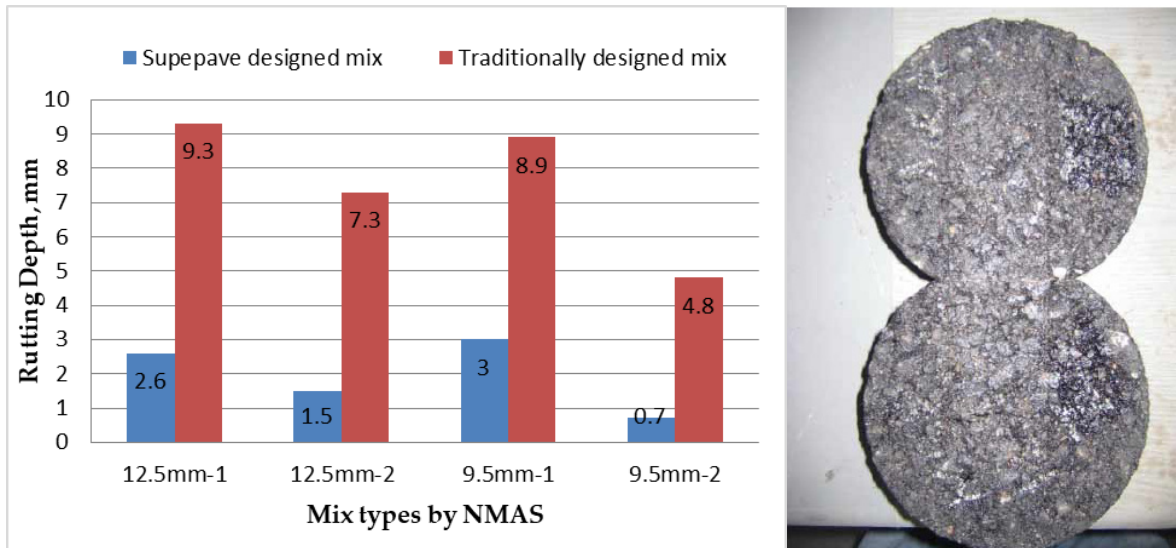


Figure 4. Rutting results diagram and SGC compacted samples after test

4. Conclusions

The purpose of this study was to assess the feasibility of implementing the Superpave mixture design in Kazakhstan using locally sourced materials. A standard mixture developed using the Marshall approach and meeting regional technical requirements served as a point of comparison. According to the data collected during the experiments, it was concluded that granite aggregates are suitable for use in the Superpave mixture design method. As shown by their volumetric characteristics, Superpave-designed combinations need far less binder than conventional mixtures. This is associated with the increased mixture density produced by the compactive effort using SGC, which generates a better aggregate orientation. All of the mixes tested demonstrated good resistance to moisture-induced damage, however the ITS was found to be greater for the Superpave-designed combinations than the control groups. ITS result values from both samples were averaged, the decrease in significance for the superpave mixtures was 9.1% that is below the 20% loss level required by the Superpave guidelines. When put through dynamic creep testing, Superpave combinations do better than regular mixtures when it comes to resisting ruts. Specifically, rutting outcomes were much better by PG grades, and then by NMAS sizes 12.5 mm and 9.5 mm, providing 79% and 85.5% better rutting resistance for PG70, respectively.

In the United States, the Superpave system is being widely used. The findings reported should be verified via a trial project so that the Transportation Ministries in Kazakhstan may have a deeper understanding of the Superpave system and how well these pavements performed in comparison to the standard approach presently utilized. Long-term field project monitoring should be included into future studies that aim to compare the two HMA mixture design approaches.

References

1. Performance evaluation of Superpave and Marshall asphalt mix design to suite Jordan climatic and traffic conditions. Asi, I.M.//Construction and Building Materials. – 21. (8). – 2007. – P.1732–1740.
2. Superpave mix design series No.2 (SP-2). Lexington, KY: Asphalt Institute Research Center. Asphalt Institute. – 2001. – P.36.
3. Evaluation of the effectiveness of different warm mix technologies to improve moisture susceptibility of asphalt mixes. Varamini, S., Tabib, S., Tighe, S.L.//Transportation Association of Canada's Conference and Exhibition, TAC. 25 Sep. – 2016. – C. 160941.
4. Investigation of performance of superpave through mechanistic-empirical approach, field evaluated performance, and laboratory test results: a case study for Ontario highways. Jannat G.E., Varamini, S., Tighe S.L.// Transportation Association of Canada's Conference and Exhibition, TAC. 24 Sep. – 2017. – C. 160942.
5. Investigating the Tensile Strength and Permanent Deformation of Asphalt Concrete using Different Gradation Methods. Junaid, M., Gazder, U.// International Sustainability and Resilience Conference: Climate Change, ISRC 15 Nov. – 2021. – P. 259–263.
6. Evaluating the effects of mineral filler on the volumetric properties of HMA mixtures based on superpave mix design specifications. Al-Bayati, H.Kh., Tighe, S.// 7th International Materials Specialty Conference 2018, Held as Part of the Canadian Society for Civil Engineering Annual Conference 13 June. – 2018. – P. 184 -193.
7. Moisture Susceptibility of Warm Mix Asphalt (WMA) with an Organic Wax Additive Based on X-Ray Computed Tomography (CT) Technology. Ji Jie, Yao Hui, Yuan Zhikai, Suo Zhi, Xu Ying. // Advances in Civil Engineering. – 2019. – N. 7101982.
8. Evaluation of workability and mechanical properties of nonfoaming warm mix asphalt mixtures. Shiva, K.G., Suresha S.N.// Advances in Civil Engineering Materials. –Vol. 7. – 2018.– P. 132-157.
9. Development of design gyration levels for airfield asphalt pavement. James, R.S., Cooley,L.A., Ahlrich, R.C., Prowell, B.D., Howard, I.L.// Advances in Civil Engineering Materials. –Vol. 4. – 2015. – P. 61–79.
10. Improving the rutting resistance of asphalt pavement modified with the carbon nanotubes additive. Ismael, M.Q., Fattah, M.Y., Jasim A.F. // Ain Shams Engineering Journal. – Vol. 12. – 2021. – P. 3619–3627.
11. Laboratory evaluation of asphalt mixture performance using composite admixtures of lignin and glass fibers. Khater, A.; Luo, D.; Abdelsalam, M.; Yue, Y.; Hou, Y.; Ghazy, M.//Appl. Sci. 11. – 2021. – P. 364.
12. Effects of aggregate gradation on the physical properties of semiflexible pavement. Husain, N.M.; Karim, M.R.; Mahmud, H.B.; Koting, S.//Adv. Mater. Sci. Eng. – 2014. – 529305.
13. Research progress and future development for reliability of asphalt pavement structure. Li, S.; Tan, H.Y.; Wang, N.; Hong, M.; Li, L.; Cheung, F.; Feng, Y. //China J. Highw. Transp. 29. – 2016. – 4305074.
14. Asphalt binder performance grading of North Korea for Superpave asphalt mix-design. Lee, Jong-Sub., Kim, Jin-Hwan., Kwon, Oh-Sun., Lee, Byung-Duk.//International Journal of Pavement Research and Technology. Edition 11/6. – 2018. – P. 647–654.
15. Mechanical evaluation of aggregate gradation to characterize load carrying capacity and rutting resistance of asphalt mixtures. Zhang, Y.; Luo, X.; Onifade, I.; Huang, X.; Lytton, R.L.; Birgisson, B.//Constr. Build. Mater. 205. – 2019. – P. 499–510.
16. Influence of aggregate gradation on clogging characteristics of porous asphalt mixtures. Martin, W.D.; Putman, B.J.; Neptune, A.I. // J. Mater. Civ. Eng. No.26. – 2014. – 04014026.
17. A review on fatigue and rutting performance of asphalt mixes. Moghaddam, T.B.; Mohamed, R.K.; Mahrez, A.// Sci. Res. Essays 6. – 2011. – P. 670–682.
18. Influence of gradation on asphalt mix rutting resistance measured by Hamburg Wheel Tracking test. Lv, Q.; Huang, W.; Zheng, M.; Sadek, H.; Zhang, Y.; Yan, C. //Constr. Build. Mater. No.238. – 2020. – 117674.

19. Effect of aggregate gradation on rutting of asphalt pavements. Golalipour, A.; Jamshidi, E.; Niazi, Y.; Afsharikia, Z.; Khadem, M. // *Procedia-Soc. Behav. Sci.* No.53. – 2012. – P. 440–449.
20. Gradation segregation characteristic and its impact on performance of asphalt mixture. Yu, H.; Yang, M.; Qian, G.; Cai, J.; Zhou, H.; Fu, X. // *J. Mater. Civ. Eng.* No. 33. – 2021. – 04020478.
21. Laboratory study on the performance of asphalt mixes modified with a novel composite of diatomite powder and lignin fiber. Abdelsalam, M.; Yue, Y.; Khater, A.; Luo, D.; Musanyufu, J.; Qin, X. // *Appl. Sci.* No.10. – 2020. – P. 5517.
22. Effect of aggregate gradation diffraction on asphalt concrete mix properties Elliott, R.P.; Ford, M.C., Jr.; Ghanim, M.; Tu, Y.F. // *Transp. Res. Rec.* No.1317. – 1991. – P. 52–60.
23. Predicting marshall flow and marshall stability of asphalt pavements using multi expression programming. Awan, H.H.; Hussain, A.; Javed, M.F.; Qiu, Y.; Alrowais, R.; Mohamed, A.M.; Fathi, D.; Alzahrani, A.M. // *Buildings* Vol.12. – 2022. – P. 314.
24. Life cycle cost analysis comparison of hot mix asphalt and reclaimed asphalt pavement: A case study. Rafiq, W.; Musarat, M.; Altaf, M.; Napiah, M.; Sutanto, M.; Alaloul, W.; Javed, M.; Mosavi, A. // *Sustainability* Vol.13. – 2021. – P. 4411.
25. American Association of State Highway and Transportation Officials. Standard Method of Test for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus. T-245; AASHTO: Washington, DC, USA. – 2015.
26. Effect of using various waste materials as mineral filler on the properties of asphalt mix. Eisa, M.S.; Basiouny, M.E.; Youssef, A.M. // *Innov. Infrastruct. Solutions* Vol.3. – 2018. P. 27.
27. American Association of State Highway and Transportation Officials. Standard Method of Test for Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture-Induced Damage. T-283; AASHTO: Washington, DC, USA. – 2018.

С.А. Коспармакова, Ж.А. Шашпан, Д.О. Базарбаев

Д.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан

Қазақстанда ыстық аралас асфальтқа (НМА) арналған Superpave қоспасын жобалау тәсілін зерттеу

Аңдатпа. Бұл зерттеудің мақсаты Қазақстан үшін тек жергілікті ингредиенттерден жоғары тиімді жол жабынын (Superpave) жасау мүмкіндігін бағалау болды. Сол сияқты Қазақстанның техникалық талаптарына сәйкес келетін Маршалл техникасының стандартты комбинациясын салыстыру жүргізілді. Гранитті агрегаттың бір жеткізушісі, агрегаттың 2 түрі және асфальтбетонды байланыстырғыштың 2 түрі сынақ жобасын жасады. Бастапқы толтырғыштың өнімділігіне сәйкес талаптар жергілікті гранитті толтырғышты қолдана отырып, Superpave design mix әдісін қолдана отырып орындалады. Сонымен қатар, қоспалардың көлемдік параметрлері superpave комбинациясындағы асфальтбетон тұтқыр құрамының дәстүрлі Маршалл қоспасына қарағанда төмен екенін көрсетті. Superpave комбинациялары әдеттегі әдіспен жасалғандарға қарағанда икемділік пен ылғалға төзімділік сынақтарында жақсы нәтиже көрсетті. Қоспаның сипаттамаларын талдағаннан кейін, біз супер-беттік қоспалар осы салада қолданылатын әдеттегі араластыру әдісіне қарағанда қаттырақ екенін анықтадық. Екі үлгінің де ITS мәндері орташа алынғаннан кейін супер төселген қоспалар үшін маңыздылықтың төмендеуі 9,1% құрады. Бұл Superpave нұсқаулары талап ететін 20% жоғалту деңгейінен төмен болды. Сондай-ақ, 9,5 мм NMA бар 85,5% PG70 үшін соққыға төзімділік нәтижелері айтарлықтай айырмашылықтар болды. Осы нәтижелердің барлығы Жаңа Superpave әдісінің Маршалл әдісінен артықшылығын көрсетеді.

Түйін сөздер: Суперпэв әдісі, Маршалл әдісі, асфальтбетон, ылғалға төзімділік, дөңгелек ізіне төзімділік тесті.

С.А. Коспармакова, Ж.А. Шашпан, Д.О. Базарбаев

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Исследование подхода к расчету состава смеси по Superpave для горячего асфальтобетонного покрытия в Казахстане

Аннотация. Целью данного исследования была оценка возможности создания высокоэффективного дорожного покрытия (Superpave) для Казахстана исключительно из местных ингредиентов. Таким же образом было проведено сравнение стандартной комбинации оборудования Marshall, отвечающей техническим требованиям Казахстана. Один поставщик гранитного заполнителя, 2-х видов заполнителя и 2-х видов асфальтобетонного вяжущего разработал тестовый проект. В зависимости от характеристик основного заполнителя требования выполняются с использованием метода Superpave design mix с использованием местного гранитного заполнителя. Кроме того, объемные параметры смесей показали, что содержание вязкости асфальтобетона в комбинации superpave ниже, чем в традиционной смеси Marshall. Комбинации Superpave показали лучшие результаты в тестах на гибкость и влагостойкость, чем те, которые были изготовлены обычным способом. Проанализировав характеристики смеси, мы обнаружили, что суперповерхностные добавки более твердые, чем обычный метод смешивания, используемый в этой отрасли. После усреднения значений ITS для обоих образцов снижение значимости для смесей с супермощением составило 9,1%. Это было ниже уровня потерь 20%, требуемого руководящими принципами Superpave. Также по результатам устойчивости к колеобразованию были обнаружены значительные различия для 85,5% PG70 с 9,5 мм NMAС. Все эти результаты показывают превосходство нового сверхволнового метода над методом Маршалла.

Ключевые слова: Суперпэйв, Маршалл, подбор состава, асфальтобетон, колеобразование.

Information about authors:

S. Kosparmakova – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Zh. Shashpan – Doctor of Technical Sciences, Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

D. Bazarbayev – PhD, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

С.А. Коспармакова – докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Ж.А. Шашпан – т.ғ.д., профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Д.О. Базарбаев – PhD, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

С.А. Коспармакова – докторант, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Ж.А. Шашпан – доктор технических наук, профессор, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Д.О. Базарбаев – PhD, доцент, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Ұ. Бақыт¹, А.А. Каражанов^{1*}, Ж.Р. Алипбаев¹, С.О. Төребекова²

¹Л.Н. Гумилев атындағы Евразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

²Жоғары көлік және коммуникация колледжі, Астана, Қазақстан

(E-mail: bakytulanbek02@mail.ru, *akarazhanov@mail.ru, alipbaev.1977@mail.ru, torebekova-s@mail.ru)

Доңғалақ пен рельстің өзара әрекеттесу жүйесінің ағымдағы жағдайы

Аңдатпа. Мақалада темір жол көлігі саласында ұзақ уақыт бойы өткір болып келе жатқан негізгі және ресурсты көп қажет ететін мәселелердің бірі «доңғалақ – рельс» жүйесі арасындағы тұрақты өзара әрекеттесудің ағымдағы жағдайы қарастырылды. Доңғалақ пен рельстің арасындағы тозудың түрлері жан-жақты зерттеліп, нәтижелері график пен диаграмма арқылы көрсетілді. Нәтижелерден жолдың қисық учаскелеріндегі доңғалақтардың және рельстердің домалау бетінің қарқынды тозуы басқа тозудың түрлеріне қарағанда басым екені байқалды. Осы тозудың алдын алу бойынша осы кезге дейін көптеген ұсыныстар жасалған және зерттеулер жүргізілді. Бірақ жүргізілген зерттеулерге жасалған талдаулар нәтижесі доңғалақтар мен рельстердің қисық сызықтардағы қарқынды тозу мәселесі толыққанды шешілмегенін анық көрсетті. Локомотив, вагон және жол шаруашылығындағы доңғалақ – рельс жүйесіндегі артық тозуға байланысты материалдық ресурстардың шығындары, ең алдымен, жолдың қисық аймақтарында айтарлықтай жоғары деңгейде. Сол себепті оларды азайту бойынша зерттеу жұмыстарын жүргізу өзекті мәселеге айналып отыр.

Түйін сөздер: тозу, доңғалақ, рельс, жота, доңғалақ жұбы.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-72-78

Кіріспе

Жылжымалы құрам мен темір жолдың өзара әрекеттесу процесін атақты ғалымдар Н.П.Петров, Н.Е.Жуковский, В.А.Лазарян, В.Б.Медель, К.П.Королев зерттеген. Осы ғалымдардың зерттеулерінің нәтижелері жолдың қисық учаскелерінде доңғалақ – рельс жүйесінде тұрақты өзара әрекеттесуді арттыру мәселесін шешудің бірнеше бағыттарын анықтауға мүмкіндік берді:

- доңғалақ және рельс басының бүйір бетін майлаудың техникалық құралдарын, технологияларын және майлау материалдарын жасау;
- төзімділігі жоғары материалдарды пайдалану (дөңгелектер мен рельстердің қаттылығын арттыру үшін);
- жұмыс режимдерін және жылжымалы құрамның жол және жүріс бөлігі қажет ететін АЖ – ды жетілдіру, оның ішінде арбаларды жаңарту, доңғалақ фланецтерін төсеу және шыңдау;
- рельс жолында бригадалардың қозғалысын бақылау;
- жаңа жол және жылжымалы құрам конструкцияларын әзірлеу.

Тозудың түрлері және пайдалану жағдайы бойынша істен шығулар бойынша мәліметтер мен көрсеткіштер

25 жылдан астам уақыт бойы темір жол көлігінің алдында тұрған негізгі және ресурсты көп қажет ететін мәселелердің бірі жолдың қисық аймақтарындағы доңғалақтардың және рельстердің домалау бетінің қарқынды тозу мәселесі болып табылады [1]. Доңғалақтардың және рельстердің тозуға өзара әсері қисық сызықпен жүру кезіндегі жүріс түзу сызықпен жүруге қарағанда әлдеқайда көп. Бұл жағдай қисық сызықтардағы жылжымалы құрамның бағыты дөңгелектер мен рельстер арасындағы сырғанау үйкеліс күштерін жеңу үшін қажетті көлденең күштердің есебінен пайда болатындығына байланысты. Қисық жол учаскелері Қазақстан темір жолдарының жалпы ұзындығының 30% -дан астамын және өнеркәсіптік көлікте 60-70% құрайтынын ескере отырып, қисық жолда жылжымалы құрамның динамикалық сапасын жақсартатын жаңа техникалық құралдарды дамытуға бағытталған зерттеулер бүгінгі таңда өзекті болмақ.

а)

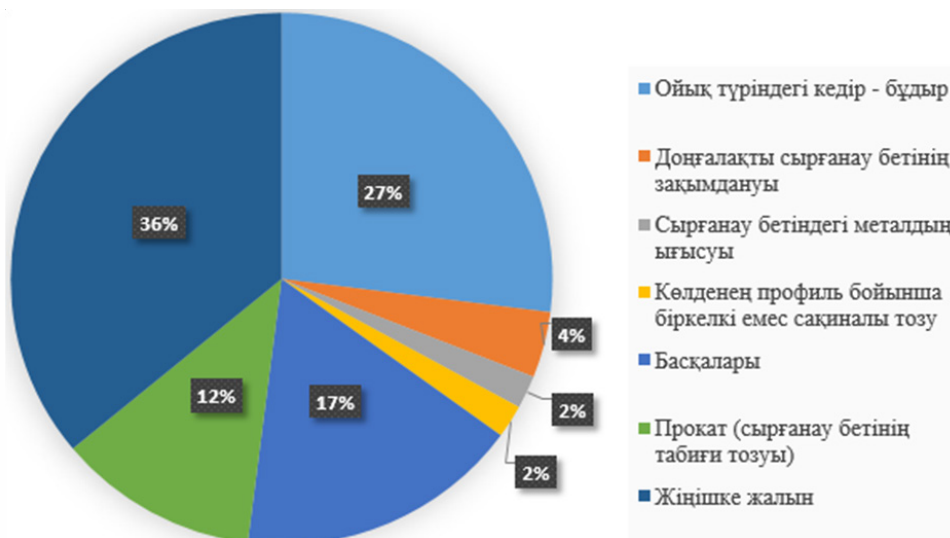


б)



Сурет 1. Сырғанау бетінің табиғи тозуының негізгі түрлері: а) дөңгелектер; б) рельстер

Жүк вагондарының қатты доңғалақтарының айналуының негізгі себептері соңғы 15 жыл немесе одан да көп болып табылған ол тозуы, астынан кесілуі және сүйір прокаттары болып табылады, олар барлық бұрылыстардың орташа 27,8 % – 39,3% құрайды. Доңғалақ жұптарының жоталарының тозуына байланысты қайрау үлесі доңғалақтардың айналу шеңберінің тозуына байланысты қайрау үлесінен он есе артық, соның салдарынан жиектің қалыңдығы бойынша металлдың жоғалуы және сырғанау бетінің табиғи тозуы бойынша қайраумен салыстырғанда доңғалақ жұптарының ресурсының қарқынды төмендеуі орын алады. Өйткені, жотаның қалыңдығын 1 мм-ге ұлғайту үшін доңғалақтың домалау бетінен орта есеппен кемінде 1,5 мм доңғалақ шеңберінің қалыңдығын алып тастау керек. Бүгінгі күні майлау құралдарының кеңінен енгізілуіне байланысты доңғалақ жұптарын жіңішке жотамен қайрау саны сырғанау шеңбері бойынша табиғи жанасудың қайрау санынан үш есе көп.



Сурет 2. Доңғалақ жұптарының берілу себептері

Вагондардың жеке қолға өтуіне және статистикалық мәліметтерді жинаудың қиындығына байланысты диаграммада тек «ҚТЖ» ҰК АҚ» кәсіпорны ұсынған мәліметтер көрсетілген. Диаграммдан көріп отырғанымыздай, доңғалақ жұптарының сырғанау бетінің табиғи тозу себептері бойынша ең көп ағытпалар (жағдайлардың 39%) жасалады, бұл ретте табиғи тозу – дөңгелектердің сырғанау бетіндегі жанасу себебінен ағытпалардың үлесі 1% - дан аз болды. Диаграммалардан көріп отырғанымыздай, 2019 – 2022 жылдармен салыстырғандағы жағдай айтарлықтай өзгерген жоқ және қазіргі уақытта вагондардың ақаулық есебінен ажырау көпшілігі – 40% жағдайда, доңғалақ жиынтықтарының жылжымалы бетінің табиғи тозуына байланысты жасалады, ал өздігінен қозғалатын жылжымалы құрамдардың осы себептен ажырау үлесі 4%-дан сәл артық.



Сурет 3 . 2019 – 2022 жж. «ҚТЖ» ҰК АҚ пайдалану ақаулары бойынша жүк вагондарын ағытудың себептері

«Доңғалақ – рельс» жүйесінің өзара іс-қимылын жақсартуды қамтамасыз ететін техникалық шешімдер

«Доңғалақ – рельс» өзара әрекеттесу шарттары доңғалақ пен рельстің қызмет ету мерзіміне, жолдың негізгі құрылғыларының ұйымдастырылуына және жылжымалы құрам мен теміржолдарды пайдалану шығындарының негізгі компоненттеріне айтарлықтай әсер етеді. Жолдың қисық учаскелерінде «доңғалақ – рельс» жүйесінде өзара әрекеттесу тұрақты болуы үшін, келесі бағыттарды қарастыру қажет: майлау; қатты және берік материалдарды пайдалану; рельс жолындағы экипаж қозғалысын басқару; доңғалақ жұбында дөңгелектердің бір-біріне қатысты тәуелсіз айналуын қамтамасыз ету.

«Доңғалақ – рельс» жұбының бір-бірімен жанасу аймағына майлау материалын жағудың келесідей үш технологиясы қолданылады: жеке жота майлағыштарын, жылжымалы рельс майлағыштарын және стационарлық жол майлағыштарын қолдану. Жылжымалы рельс майлағыштар арнайы жылжымалы құрамның кез келген рұқсат етілген жылдамдығымен сырғанау және майлау бетіне түспей, рельстің бүйір бетіне «жота – рельс» жанасу аймағына майлау материалын автоматты түрде жанасусыз мөлшерлеп жағуға арналған. Стационарлық рельсті майлаушы рельс басының ішкі бүйір бетіне арнайыландырылған майлауды автоматты түрде мөлшерлеуге арналған. Мұндай технологияны қолдану екі рельсті жолдарды бір уақытта майлауға мүмкіндік береді, бұл бағыттамалық аударымдарды майлау кезінде маңызды. Жеке жота майлағыштары қол еңбегін пайдаланбай, оның қисық учаскелерде рельсті сапалы автоматтандырылған майлау үшін қолданылады. Алайда жота мен рельсті майлағыштар түрлерін қолдану барысында келесідей қиындықтар туындайды: учаскедегі поездар параметрлерінің шекті санына байланысты кейбір учаскелерде рельсті майлау өткелдерінің санын көбейту мүмкін емес; дөңгелектердің рельстермен ілінісу коэффициентін арттыру үшін локомотивтің тарту режимінде «ілінісуді» қолдану қисықтарда майлағыштарды пайдалануды болдырмайды; майлағыштарды қолдану оларға жиі техникалық қызмет көрсетуді қажет етеді; төмен температура жағдайында жаңа майлағыштарды пайдалану мүмкін емес; қоршаған ортаның мыңдаған тонна майлау материалдарымен ластануы.

Қазіргі таңда кең таралған доңғалақтар жұптары бұл – оське «саңырау» саптаманың әсерінен бір – бірімен тығыз байланысты болатын доңғалақтар жұптары. Доңғалақтар арасындағы конустық сырғанау бетімен гомотикалық байланыстың арқасында доңғалақ жұбы жолдың түзу бөліктерінде қозғалу кезінде өзін-өзі орталықтандыру қасиетіне ие жүйе болып табылады, бұл доңғалақ жұбының бұралмалы қозғалысын қамтамасыз етеді және доңғалақ жоталарының рельстермен әрекеттесу уақытын азайтады, сондай-ақ ені бойынша біркелкі емес тозу дөңгелегінің пайда болуына жол бермейді. Доңғалақтардың конустық домалақ беті доңғалақ жотасы мен рельс басының бүйір беті арасындағы бағыттаушы күштерді азайтады. Нәтежесінде қисық жолдарда дөңгелектердің өтуін жеңілдетеді. Жалпы классикалық үлгідегі доңғалақ жұптары 2 ғасырдан астам уақыт бойы жетілдірілген келе жатыр. Оған себеп конструкциясының қарапайымдылығы мен жоғары сенімділігі. Белгілі бір жағдайларда соққылардың әсерінен қозғалыс жылдамдығының жоғарылауымен жол жоспарында және доңғалақтардың конустық беткейінде доңғалақ жұптарының қозғалысының қарқынды бұралмалы тербелістері пайда болады, олардың амплитудасы тек доңғалақ жоталарының рельстердің бүйір беттерімен мезгіл-мезгіл жанасуымен шектеледі, ал тербеліс жиілігі қозғалыс жылдамдығына пропорционалды болады [7,8]. Қозғалыс жылдамдығы жоғары болған кезде рельстерде көлденең жүктемелер артады және бұралмалы жылдамдық айналу жиілігінің квадратына пропорционалды болады. Рельстерге әсер ететін көлденең күштер айтарлықтай мөлшерге жетуі мүмкін және кейбір жағдайларда рельсті шпалды тордың ығысуына немесе дөңгелекті рельске сырғытуға әкеліп соғуы мүмкін. Бұл факторлар дөңгелектің рельспен қарқынды тозуын анықтайды [7,8].

Х. Хейман доңғалақ жұптарының айналу жолынан ауытқуы (бос немесе арба жақтауымен байланысқан) тек сырғанау түрінде байқалуы мүмкін екенін атап өтті. Оның айтуынша, бойлық сырғанау екі рельстен шыққан, доңғалақтардың бір-бірімен доңғалақ жұбына оларды қосатын ось арқылы қатты байланысқан кезде пайда болады.

Қазақстан темір жолдарында кеңінен қолданылатын шараларға қарамастан, типтік доңғалақ жұбы оған қойылатын талаптарға жеткілікті дәрежеде жауап бермейді, өйткені дөңгелектер мен рельстердің тозуына әкелетін қажетсіз күштер мен қозғалыстарды жою мүмкін емес.

«Экипаж – жол» жүйесінің кинематикасын жақсарту тұрғысынан вагон дөңгелектерінің домалау шеңбері сырғанаудың бойлық сызықтық жылдамдықтарын барынша азайтуды, олардың рельстерге түсу бұрышын азайтуды және дөңгелектердің жанасуға қалыпты айналуын азайтуды қамтамасыз ету қажет. Сондай-ақ, доңғалақ жұптарының қозғалысының қисық траекториясының толқын ұзындығын жолдың түзу бөліктерінде ұлғайту және оның қисықтарда радиалды орнатылуын қамтамасыз ету қажет [3]. Ол үшін айналмалы жылдамдықтардың айырмашылығын өтеуге мүмкіндік беретін қосымша элементтерді енгізу арқылы дөңгелектер диаметрінің теңсіздігін жою қажет.

Аталған шарттарды орындаудың ең үлкен мүмкіндіктері доңғалақ жұптарының конструктивті жетілдірілуінен туындауы мүмкін, нәтижесінде бір жұптың екі дөңгелегінің айналуы арасындағы қатаң байланыс жойылып, оларға әртүрлі жылдамдықпен айналуға мүмкіндік береді, бірақ келесі теңдікті сақтай отыру керек:

$$\omega_1 \cdot r_1 = \omega_2 \cdot r_2 = v \quad (1)$$

мұндағы ω_1, ω_2 – доңғалақтардың айналу жиілігі;

r_1, r_2 – доңғалақты сырғанау бетінің радиусы;

v – жылжымалы құрамның қозғалыс жылдамдығы.

Жоғарыдағы шарт бойынша доңғалақ жұбының конструкциясын жетілдіру, «доңғалақ – рельс» үйкеліс жұбының кинематикалық және динамикалық жағдайларын жақсарту үшін үлкен маңызға ие.

Қорытынды

Қабылданған шаралардың сәттілігіне қарамастан, доңғалақтар мен рельстердің қисық сызықтардағы қарқынды тозуы мәселесі толығымен шешілмегені анық байқалады. Доңғалақтардың оське қатты орналасу конструкциясында доңғалақ жұптарының бірқатар кемшіліктері бар, бұл дөңгелектер мен рельстердің қатты тозуына әкеледі. Локомотив, вагон және жол шаруашылығындағы доңғалақ – рельс жүйесіндегі артық тозуға байланысты материалдық ресурстардың шығындары, ең алдымен, жолдың қисық учаскелерінде айтарлықтай жоғары деңгейде. Бұл кемшіліктерді жоюға немесе кем дегенде азайтуға көптеген әрекеттер жасалды. Алайда, қолданылатын құралдар мен қазіргі уақытта көлікте іске асырылған конструкциялар жылжымалы құрам дөңгелектері мен рельстердің тозуын азайту міндетін соңына дейін шешпейді. Майлау әдісі себептерді емес, мәселенің салдарын жоюға бағытталған, сондықтан мәселені шешу вагонның жүріс бөліктерінің жұмысын ұйымдастыруды түбегейлі өзгертетін жаңа техникалық шешімдерді талап етеді.

Жолдың қисық учаскелерінде тартылмайтын жылжымалы құрамның қозғалысы кезінде доңғалақтар мен рельстердің ресурсын дифференциалды орындалатын доңғалақ жұптарын әзірлеу арқылы доңғалақтардың рельстермен жанасу нүктелеріндегі үйкеліс күштерінің және сырғанау жылдамдығының шамасын төмендету есебінен арттыру арқылы қол жеткізуге болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Попова Л.Н. Жолдың қисық учаскелерінде сыртқы және ішкі рельстердің тозу себептерін іздеу. Иркутск: ИрГУПС 2010. – С. 150
2. Винник Л.В. Доңғалақ жұбының дифференциалды айналуы//Теміржол көлігі. – 2005 - №11. – С.66
3. Голубенко А.Л. Дөңгелектің рельспен ілінісуі. Киев: Випол, 1993. – 448с.
4. Беляев А.И. Эффективная альтернатива колесной паре [Текст] / А.И. Беляев, Ю.В. Мещерин, П.Ю. Цыганков // Железнодорожный транспорт. – 1999. – № 10. – С. 28–32.
5. Цыганков П.Ю. Совершенствование конструкции тележек скоростных локомотивов с целью улучшения их динамики [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07: защищена 14.06.06: / Цыганков Павел Юрьевич. – Москва, 2002. – 215 с. – Библиогр.: с. 140–162. – 61 02-5/1741-1.
6. Фредерих, Ф. (Frederich F.) Исследование опытной тележки с отдельными колесами [Текст] / Ф. Фредерих // Железные дороги мира. – 1988. – № 9. – С. 33–37.

У. Бақыт¹, А.А. Каражанов¹, Ж.Р. Алипбаев¹, С.О. Төребекова²

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

²Высший колледж транспорта и коммуникаций, Астана, Казахстан

Текущее состояние системы взаимодействия «колесо – рельс»

Аннотация. В статье рассмотрено текущее состояние устойчивого взаимодействия системы «колесо – рельс», одной из основных и ресурсоемких проблем, которая долгое время оставалась острой в области железнодорожного транспорта. Виды износа между колесом и рельсом были тщательно изучены, а результаты показаны на графике и диаграмме. Из результатов видно, что интенсивный износ поверхности прокатки колес и рельсов на кривых участках дороги преобладает над другими видами износа. До сих пор было предложено много предложений и проведена работа по предотвращению этого износа. Но проделанная работа наглядно показала, что полностью решить проблему интенсивного износа колес и рельсов на кривых не удалось. Затраты материальных ресурсов, связанные с избыточным износом колесно-рельсовой системы в локомотивном, вагонном и дорожном хозяйстве, в первую очередь на криволинейных участках пути, находятся на достаточно высоком уровне. Поэтому необходимо продолжить работу по их сокращению.

Ключевые слова: износ, колесо, рельс, гребень, колесная пара.

U. Bakyt¹, A. Karazhanov¹, Zh. Alipbayev¹, S. Torebekova²

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

²Graduate College of Transport and Communications, Astana, Kazakhstan

Current state of the wheel - rail interaction system

Abstract. The article considers the current state of stable interaction of the wheel-rail system, one of the main and resource-intensive problems that has long remained acute in the field of railway transport. The types of wear between the wheel and the rail have been thoroughly studied, and the results are shown in a graph and diagram. It can be seen from the results that intensive wear of the rolling surface of wheels and rails on curved sections of the road prevails over other types of wear. So far, many proposals have been proposed and work has been done to prevent this wear and tear. However, the work done clearly showed that it was not possible to completely solve the problem of intensive wear of wheels and rails on curves. The costs of material resources associated with excessive wear of the wheel-rail system in the locomotive, wagon and road facilities, primarily on curved sections of the track, are at a fairly high level. Therefore, it is necessary to continue work on their reduction.

Keywords: wear, wheel, rail, ridge, wheelset.

References

1. Popova L.N. Search for the causes of wear of external and internal rails on curved sections of the road. Irkutsk: IrGUPS 2010. – p. 150
2. Vinnik L.V. Differential rotation of a wheelset/ / railway transport. – 2005 - No.11. – p.66
3. Golubenko A.L. Wheel-rail coupling. Kiev: Vipol, 1993. – 448s.
4. Belyaev, A.I. An effective alternative to a wheelset [Text] / A.I. Belyaev, Yu.V. Meshcherin, P.Yu. Tsygankov // Rail transport. – 1999. – No. 10. – pp. 28-32.
5. Tsygankov, P.Yu. Improving the design of high-speed locomotive bogies in order to improve their dynamics [Text] : dis. ... Candidate of Technical Sciences : 05.22.07 : defended 14.06.06: / Tsygankov Pavel Yuryevich. – Moscow, 2002. – 215 p. – Bibliogr.: p. 140-162. – 61 02-5/1741-1.
6. Frederic F. The study of an experimental cart with separate wheels [Text] / F. Frederic // Railways of the world. – 1988. – No. 9. – pp. 33-37.

Авторлар туралы мәлімет:

Ұ. Бақыт – магистрант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

А.А. Каражанов – техника ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Ж.Р. Алыпбаев – техника ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

С.О. Торебекова – техника ғылымдарының магистрі, Жоғары көлік және коммуникация колледжі, Конституция көш., 10, Астана, Қазақстан.

U. Bakyt – Master’s student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

A. Karazhanov – Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Zh. Alipbayev – Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

S. Torebekova – Master of Technical Sciences, Higher College of Transport and Communications, 10 Konstituciya str., Astana, Kazakhstan.

Е.Е. Назарбаев*, Ж.Р. Алипбаев, А.А. Каражанов, У.Ш. Кокаев

*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
(E-mail:*nazarbayev_kz@mail.ru, alipbaev.1977@mail.ru,
akarazhanov@mail.ru, kush_kush78@mail)*

Гибридті автокөліктер технологияларын зерттеу және электр қондырғысын таңдау шарттары

Аңдатпа. XX-XXI ғасырлардағы өндірістік-өнеркәсіптік саланың қарқынды дамуына сәйкес, мұнай мен газ өнімдерін қолданудың күрт өскендігі белгілі. Аталған фактор өз кезегінде, қоршаған ортаның ластануы, әлемдік температураның өзгеруі, мұнай ресурстарының тапшылығы сынды мәселелердің пайда болуына әкеліп соқты. Аталған себептерге байланысты автомобиль компаниялары гибридті технологияларды күнделікті өмірге енгізу мақсатында зерттеулер жүргізе бастады. Мақала гибридтік технологиялардың пайда болу тарихын, және олардың қазіргі кезеңдегі қолданылатын технологияларына шолу жасаумен қатар, жұмыс істеу принциптері мен негіздерін қарастырады. Мақала Toyota Prius, Astrolab сынды қолданыстағы коммерциялық автокөліктердің жасалу технологиялары, сондай-ақ гибридті автокөліктерде қолданылатын отын мен шикізатқа қатысты зерттеулерге негізделген. Мақалада қарастырылған технологиялардың артықшылықтары мен кемшіліктері, гибридті көліктердің болашақта бензинді және дизельді автокөліктердің баламасы болатындығы туралы қорытындылар келтірілген.

Түйін сөздер: автокөлік, гибридті және электрлік көліктер, батарея, қоршаған орта, қуат көздері.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-79-91

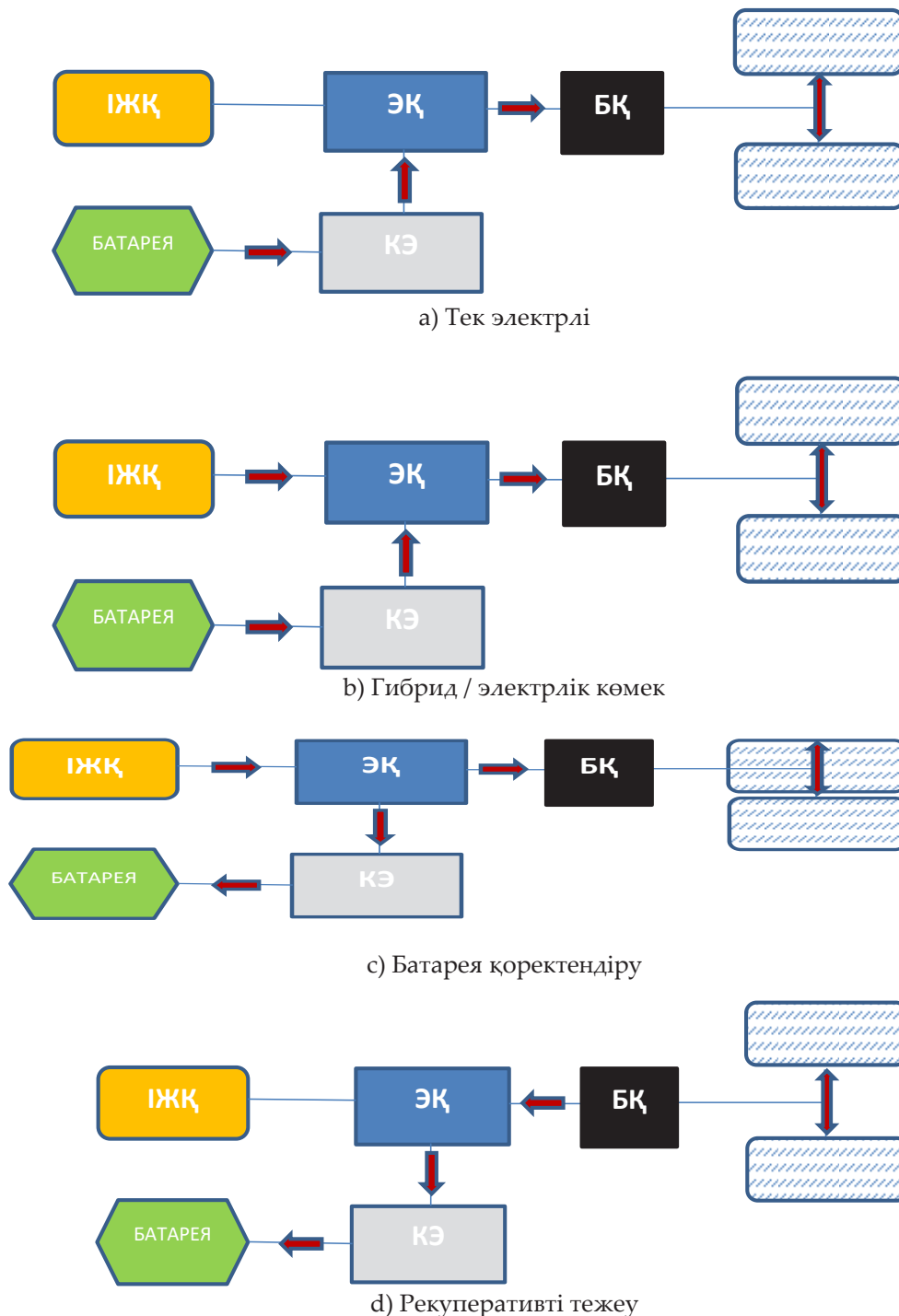
Кіріспе

Николаус Оттоның іштен жану қозғалтқышын ойлап табуының арқасында автокөлік жасау саласында революция болды. Кейінірек бензин мен дизель отыны осы автокөліктер үшін негізгі отын көзі болды. Бұл технология нарықтағы коммерцияландыру арқылы адамның тиімді қозғалтқыштар құрастырудағы еңбегін айтарлықтай жеңілдетті. Әлем 20-шы ғасырға тап болған кезде, бұл технологияны тиімді және үнемді етуге бағытталған көптеген жетістіктер болды. Осылайша ол коммерциялық табысқа қол жеткізді және оны күнделікті өмірде қолдану артты. Бұл технологиямен адамдар мыңдаған шақырым/мильге жетуі мүмкіншілігі пайда болуымен қатар оның жағымсыз жақтары бар екенін де білеміз. Көміртегі тотығы (CO) мен көмірқышқыл газының (CO₂) бөліну жылдамдығы 21 ғасырдың басында кенеттен жоғары деңгейге дейін өсті және ол өз кезегінде әлемдік экожүйеге теріс әсерін тигізбей қоймады. Аталған мәселелерді шешу жолында көптеген автокөлік жасау компаниялары альтернативті қозғалтқыштар жасауға кірісті.

Жоғарыда келтірілген автокөліктердің зиянды қасиеттерін азайту мақсатында соңғы кездерде гибридті және электрлі, күн энергиясымен қуатталатын, сутегі отынын тұтынатын көлік түрлері пайда болды. Аталмыш гибридті көліктерге тоқтала келе, оларға қарағанда технологиялық тұрғыдан қарапайым және экологиялық талаптарға толығымен жауап

беретін көлік – ол электр жетекті көліктер, олар бензин, дизель немесе табиғи сығылған газ негізінде жасалған көліктерге қарағанда зиянды элементтерді шығармайды. Дегенмен оның толық зарядталған батареясы өте алшақ қашықтықтарды бағындыруға келмейді, олардың батареясын қайта толық қуаттау үшін біршама уақыт және арнайы қоректендіру посттары қажет. Қоршаған ортаға зиянды азайту және де ұзақ қашықтықтарды қиындықсыз бағындыру мақсатында «қосылатын гибридті көлік құралдары» пайда болды.

Toyota Prius – гибридті электрлік көлік түрі, Astrolab – гибридті көлік күн құралы, Chevrolet Volt – қосылатын гибридті көлік құралы.



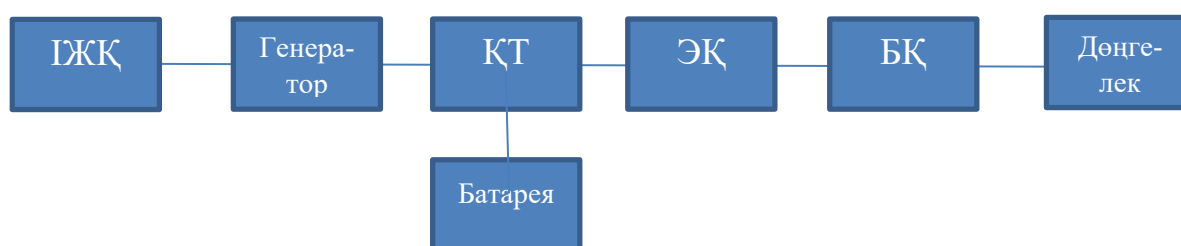
Сурет 1. Гибридті автокөліктің жұмыс істеу принципі

Рекуперациялық тежеу – энергияны қалпына келтіру механизмі болып табылады, ол көлікті баяулатып, оның кинетикалық энергиясын басқа формаға, әдетте қажет болса сол мезетте жұмсалатын немесе батареяға жоғары кернеу уақытында қажет болғанға дейін сақталатын электр энергиясына ауыстырады. Электр қозғалтқышы генератор ретінде әрекет ететін тежеу немесе қозғалу уақытында кері бағытта жұмыс істейді. Роторлар тартқыш электр қозғалтқышы дөңгелектерге қосылған, олар қарама-қарсы момент, өйткені қозғалтқыш катушкаларында ток индукцияланады. Дөңгелектер кинетикалық энергияны беріліс қорабы арқылы генераторға жібереді. Сонымен бірге генератордың кедергісінен алынған электр қуаты көлік құралының қозғалысын баяулатады. Үлкен тежеу күші қажет болғанда, бір генератор бере алатын момент қосымша үйкеліс тежегіштерімен тежеуді жүзеге асырады.

Материалдар және әдістер

Гибридті көлік құралдарының түрлері. Гибридті көлік – бұл көлік құралының бір түрі, ол электр қозғалтқышы мен іштен жану қозғалтқышының қызметтерін біріктіреді. Немесе, техникалық тілмен айтқанда, гибридті автокөлік – бұл механикалық принциппен жұмыс істейтін көліктерді де, сонымен қатар электромобильдер технологиясын да үйлестіре қамтитын көлік түрі. Гибридті көліктің басты плюсы – отын шығыны аз. 2021 жылғы Toyota Prius аралас циклде 100 км-ге 4,3 литр бензин тұтынады. Қуаттылығы бойынша салыстырмалы Skoda Octavia 1,6 MPI бірдей жағдайларда 7,5 литр отын жұмсайды.

Кезекті гибрид. Бұл жағдайда ішкі жану қозғалтқышы (ішкі жану қозғалтқышы) тек генераторды қуаттайды және жетекші дөңгелектермен механикалық байланысы жоқ. Генератор өз кезегінде тартқыш электр қозғалтқышына арналған (ТЭҚ) электр энергиясын өндіреді немесе қосымша зарядтайды. Автокөліктің қажетті жұмыс режимін қамтамасыз ету үшін генератордың энергиясы жетіспесе, ТЭҚ аккумуляторлардан қосымша қуат алады, ал артық болған жағдайда оны дискіге береді. Көлік әрқашан электр қуатымен қозғалады. Диапазон-150-200 шақырымнан. Батарея таусылған кезде ішкі жану қозғалтқышы іске қосылады. Мұнда ол дөңгелектерге тікелей қосылмаған генератор ретінде қызмет етеді. Қозғалтқыш тұрақты айналымдарда тыныш режимде жұмыс істейді, сондықтан ол кәдімгі көліктерге қарағанда әлдеқайда баяу тозады. Жанармай шығыны 100 км-ге 1,5-тен 3,5 литрге дейін. сериялық мысалдар әлі де аз, Chevrolet Volt және Opel Ampera-ны еске түсіруге болады.



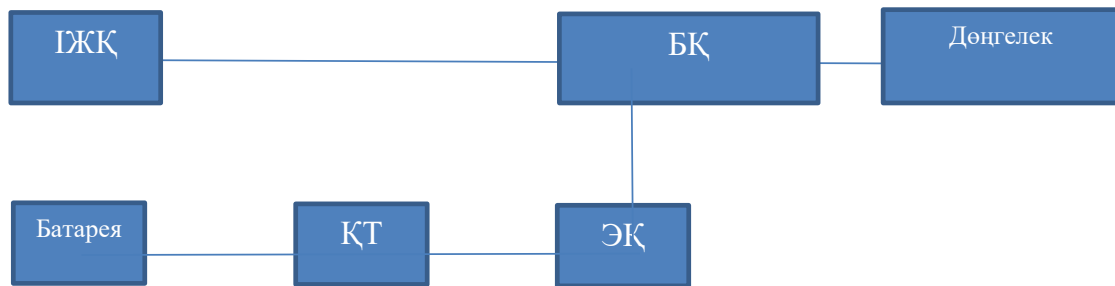
Сурет 2. Кезекті гибрид сұлбасы

Параллель гибрид. Екінші топ – параллель гибрид. Бұл схемада ІЖҚ механикалық күш арқылы беріліс қорабы автомобильдің жетекші дөңгелектеріне арнайы жүйе арқылы қуат береді, электр қозғалтқышының генераторын (қайтымды электр машинасын) пайдаланып, артық қуат алу арқылы батареяны қуаттай алады. Энергия тапшылығы кезінде дәл осы жүйе арқылы автомобиль дискіден қосымша қуат ала алады. Мұнда жолдың шектеулі бөлігінде жұмыс істемейтін ішкі жану қозғалтқышымен қозғалыс мүмкін. Автокөлік іштен жану қозғалтқышын іске қоспай 30-150 км-ге дейін таза электр қуатымен жүре алады.

Көбінесе қосымша қозғалтқыш негізгі қозғалтқыш пен беріліс қорабы арасындағы қуат блогына орнатылады. Содан кейін оның қуаты аз – 50 ат күшіне дейін. Ол 30-60 км/сағ тұрақты жылдамдықпен, динамикалық серпіліссіз жүргенде өздігінен жұмыс істейді. Бұл дизайнды Volkswagen, Porsche, Audi және Mercedes-Benz пайдаланады.

Егер электр қозғалтқышы бөлек орнатылса, оның қуаты шектелмейді – кейбір модельдерде ол 200 ат күшінен асады. Тиісінше, сіз таза электр қуатымен жақсы динамика аласыз. Toyota, BMW және Lexus бұл технологияны жақсы көреді.

Кейде ішкі жану қозғалтқышы мен электр қозғалтқышы әртүрлі осьтерге орнатылады. Осылайша, салыстырмалы түрде қарапайым механикалық тізбегі бар толық жетекті алуға болады. Автокөліктің трафигі артады, отын шығыны азаяды, өңдеу жақсарады. Бұл схема бойынша Peugeot, Citroën, Nissan және FIAT гибридті машиналары жұмыс істейді.



Сурет 3. Параллель гибрид сұлбасы

Кезекті-параллель гибрид. Сондай-ақ, үшінші деп аталатын тізбекті-параллель схема немесе біз оны «сплит» деп атаймыз, оны сериялық және параллель симбиоз схемалар деп санауға болады. Онда ішкі жану қозғалтқышы, генератор және электр қозғалтқышы бір-бірімен және автомобильдің жетекші дөңгелектерімен арнайы механикалық құрылғы арқылы байланысады, оны сплиттер деп атауға болады, бұл планеталық берілістен басқа ештеңе емес. Мұндай техникалық шешім артықшылықтарды біріктіруге және жұмыс режимдерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді гибридті электр станциясы жоғарыда сипатталған екі схема сияқты.

Мұндай гибридті автомобиль екі дизайнның ерекшеліктерін біріктіреді. Ол тұрақты қарқынмен тегіс жолмен келе жатқанда, ішкі жану қозғалтқышы қуатты генераторды айналдырады және батареяны зарядтайды. Жүктеме көтерілген кезде электр қозғалтқышы қосылады, ол үдеткішті жылдамдатады және соққыларды жеңуге көмектеседі. Бұл схема Toyota-ны жетілдірді. Оны Volvo және BMW - де де табуға болады.

Қолданыстағы энергия үнемдеу технологияларын талдау. Көлік отынның көп мөлшерін тұтынады, бірақ тек 10-16 % ол тікелей қозғалысқа кетеді. Энергия шығыны осы энергияны пайдалану принципі бойынша таңдалған факторларға бөлінеді. Автомобильдің мультимедиялық жүйесі, жылыту,

кондиционер, жарықтандыру, климаттық бақылау және басқа да автомобиль элементтері сынды пайдалы қызметтер бөлек бөлінген, қалған бөлігі жылжымалы үйкеліс, жылу шығару және т. б. сияқты энергия шығыны электр энергиясына мұқтаж мәжбүрлі факторларды да көрсетеді.



Сурет 4. Автокөліктегі қолданылатын энергияны жіктеу

Жанармайдың тек 17%-ы қозғалысқа жұмсалады. Басқаша айтқанда, көліктегі тиімділік тек 17% құрайды. Бұл көрсеткіш барлық қарсылықтарды жеңуге кеткен энергия мөлшері үлкен екенін дәлелдейді. Ыңғайлы қозғалыс үшін барлық медианы пайдалану қажет және автомобильдің басқа керек-жарақтары, бұл орташа есеппен 2% құрайды. Нәтижесінде

Жанармайдың 19%-ы шынымен мақсатына сай пайдаланылады. Кез келген энергия үнемдеу технологиясының басты мақсаты қалған 81% энергия шығыны көрсеткішін мүмкіндігінше төмендету.

Суретте көрсетілгендей - қозғалтқыш шығаратын жылу сақтауға болатын көліктің қозғалысы энергиясының 10-30 % құрайды. Тежеу процесі орта есеппен энергияның 30% - сініреді. Көлік қозғалу процесінде еңсеретін кедергілер, олар пайдалы энергияға бағытталуы мүмкін энергияның 10% - на дейін алады.

Энергияны үнемдейтін технологиялар, 50-70% энергияны бірге үнемдеуге, тиімділікті 3-4 есе арттыруға қабілетті. Бұл өз кезегінде энергияны үнемдейтін технологияларды зерттеу көлік индустриясының дамыту бағыттарының ең маңыздыларының бірі екендігі деп қортынды жасауға мүмкіндік береді. Ұсынылған технологиялар қазірдің өзінде бүкіл әлемде әзірленуде.

Регенеративті тежеу жүйесі (СРТ) көбінесе гибридті қозғалтқыштары бар жаңа буын автомобильдерінде кездесуі мүмкін. Оның негізгі бөлігі кинетикалық энергияны электрлік қайтару әдісі болып саналады.

Бұл энергия автомобильдің қозғалысы кезінде пайда болады. Тежеу кезінде пайда болатын артық кинетикалық энергия тежегіш жүйесіндегі жастықшалар мен тежегіш диск үйкелісі арқылы жылу энергиясына ауысады. Осыдан энергия шығыны пайда болады. Автокөліктің беріліс қорабына кіретін электр қозғалтқышы, SRT-де тежеу үшін қолданылады. Қозғалтқыш баяулату кезінде генераторлық режимде жұмысын бастайды, қозғалтқыш білігінде бар тежеу моменті және электр энергиясы батареяда жинақталады. Бұл резерв одан әрі қарай көлік қозғалысы үшін пайдаланылады.

Жоғарыда аталған электр энергиясын қалпына келтіру әдісінен басқа энергия шығынын болдырмаудың бірнеше басқа нұсқалары бар:

- Механикалық
- Гидравликалық
- Пневматикалық

Бірінші нұсқа және оның негізінде жасалған кинетикалық энергияны қалпына келтіру жүйесі (Kinetic Energy Recovery Systems, KERS) ең танымал болды. Көлік құралының энергиясы, қозғалыс процесінде тоқтау кезінде қалпына келтіріледі және оны болашақта пайдалану мүмкіндігі үшін маховиктің көмегімен сақталады. SRT мен KERS арасындағы айырмашылық мынада: соңғысы тежеу моментін болдырмайды.

Маховик көліктің беріліс қорабында, ол вакуумдық камерада айналмалы сипатқа ие қозғалыс жасайды. Конструкция ерекшеліктері 600 кДж энергия мен қуатты 60 кВт-қа дейін сақтауға мүмкіндік береді, бұл ат күшіне ауысқанда 80 а. к. Қалпына келтірілген энергияны одан әрі жылдамдықтың күрт өсуі, серпіліс немесе көлік құралы қозғала бастаған сәтте пайдалануға болады.

Гибриді көліктерді жобалау кезіндегі қуат көзін таңдаудың негізгі критерийлері. Жеңіл көліктер үшін қозғалтқыштың максималды қуаты әдетте жолда максималды жылдамдықты қамтамасыз ету негізінде таңдалады. Жоғары жылдамдыққа жоғарғы берілісте қол жеткізіледі. Максималды қуат пен жылдамдықты өндіруші көлік құралының техникалық сипаттамасында мәлімдейді, ол өз кезегінде сертификаттау сынағы кезінде тексеріледі. Қозғалтқыш сонымен қатар жолда басып озу кезінде автомобильге жақсы динамикалық қасиеттермен қамтамасыз ету керек. Автомобильдің динамикалық қасиеттері қозғалтқыштың максималды айналу моментінің шамасына және оның сыртқы жылдамдық сипаттамасына орналасуына байланысты.

Жол жүктемесінің құрамдас бөліктері қозғалтқыштың қуатын анықтайды. Егерде жылдамдық функциясындағы автомобильдің қозғалыс кедергісінің жалпы қуатын және бірдей координаттардағы қозғалтқыштың қуатын графикалық түрде салсақ, онда қуаттардың қиылысы максималды жылдамдықтың мәнін анықтайды. Көлік құралының қозғалыс теңдеулеріне кіретін компоненттер бойынша есептеулер қуаттың ең үлкен мәні қуаттың жоғалуына әсер ететіндігін көрсетеді. Автокөліктің белгілі бір массасы мен оның инерция моменті кезіндегі қуат үдеу шамасымен және үдеудің соңғы жылдамдығымен анықталады. Шамадан тыс қуат және сәйкесінше қозғалтқыштың жұмыс көлемі қарапайым автомобильде жеткілікті интенсивті үдеткіш сипаттамаға және автомобильдің максималды жылдамдығына ие болуға мүмкіндік береді, бірақ бұл тек максималды жүктеме режимдерінде ғана емес, сонымен қатар аз жүктемелерде де отын шығынының айтарлықтай өсуіне әкеледі. Гибриді автомобильде қуаты аз ішкі жану қозғалтқышы қолданылады, өйткені электр қондырғысында электр қозғалтқышы да бар, ал электр қондырғысының жалпы қуаты қарапайым автомобильден кем емес. Бірақ электр қуатын пайдалану арқылы гибриді автомобильдің отын шығыны қарапайым автомобильге қарағанда едәуір аз. Электр қозғалтқышының қуаты жылдамдықтың өсуімен сызықтық өсуде, сондықтан гибриді автомобильдің динамикасы басқа автомобильдерден кем түспейді.

Гибриді көлікті жобалау және бірінші кезеңде қуатты таңдау кезінде автомобиль каталогтарының статистикасын пайдалану ыңғайлы. Гибриді автомобильдердің (HV) электр қондырғыларының параметрлерін талдау көрсеткендей, электр қондырғысының жалпы қуаты, әдетте, аналогтық автомобильде орнатылған ішкі жану қозғалтқышының қуатынан сәл аз немесе тең таңдалады. Бұл гибриді көлікте отын шығынын азайтудың белгілі бір нәтижесін береді [1, 2]. Аналог дегеніміз - сол өндірушінің және сол кластағы дәстүрлі бензин машинасы. Статистикалық коэффициенттер бойынша бірінші жуықтауда электр қондырғысының параметрлерін таңдаймыз.

Қуат қондырғысының энергетикалық параметрлерін статистикалық критерийлер (коэффициенттер) бойынша бірінші жуықтауда таңдауға болады. Ол үшін техникалық әдебиеттерде бар гибриді автомобильдердің әртүрлі модельдерінің қуат параметрлері туралы статистикалық ақпаратты пайдалануға болады [3, 4].

Коэффициент

$$\kappa_1 = N_{эл} / N_{іжқ} \quad (1)$$

берілген кесте 1, гибриді автомобильдердің электр қозғалтқышы мен ішкі қозғалтқыш қуаттарының қатынасын сипаттайды. Гибриді автомобильдердің әртүрлі модельдері бойынша электр қондырғыларының энергетикалық параметрлерін сипаттайтын статистикалық деректерді талдау үшін поршенді қозғалтқыштардың жұмысына (Vh) байланысты κ_1 коэффициентінің және электр станцияларының басқа параметрлерінің өзгеруін қарастыру ыңғайлы, өйткені VH гибриді автомобильдің электр станциясының қуаты мен отын үнемділігіне әсер етеді.

Суретте әр түрлі гибриді автомобильдердің κ_1 коэффициентінің статистикасы көрсетілген. Әр түрлі гибриді автомобильдер үшін κ_1 коэффициентінің мәні 0,0045 (BMW 7) және 0,073 (Mercedes-Bens S400) 0,95 (Toyota Camry) аралығында өзгереді. κ_1 коэффициентінің ең төменгі мәні - 15 кВт электр қозғалтқыштары бар және ішкі жану қозғалтқышының үлкен жұмыс көлемі бар автомобильдердің модельдері, ал ең үлкені - 105 кВт электр қозғалтқышы бар Toyota Camry көлігі және ішкі жану қозғалтқышының шағын жұмыс көлемі - 1,36 л. Айта кету керек, κ_1 коэффициентінің үлкен мәні автомобильдің төмен отын шығынына қол жеткізудің кепілі болып табылмайды. Сонымен, 30 кВт электр қозғалтқышы бар Hyundai Sonata көлігінде ($\kappa_1=0,24$) отын шығыны 70 кВт, электр қозғалтқышы бар Ford Escape-ке қарағанда бензин аналогына қатысты американдық ЕРА сынақ циклдарында төмен ($\kappa_1=0,61$). Бұл Toyota Camry гибридіне және басқа модельдерге де қатысты. Егер Hyundai Sonata көлігінің жанармай шығыны қалалық циклде 45% және аралас циклде 29% болса, екінші көлікте сәйкесінше 36% және 18%, ал үшіншісінде 36% және 24% болады.

10 және 15 кВт электр қозғалтқыштары бар Honda Insight және Honda Civic гибриді көліктерінде κ_1 коэффициенті де 0,15 және 0,23 төмен мәндерге ие. Алайда, бұл гибриді көліктерде аналогтарға қатысты отын шығыны айтарлықтай төмендеді. Бұл нәтижеге белгілі бір дәрежеде қол жеткізілді, өйткені автомобильдердің осы модельдерінде ішкі жану қозғалтқышының жұмыс көлемі Honda Civic аналогына қатысты 2,0 л-ден 1,34 л-ге дейін төмендеді, ал негізгі қозғалтқыштың қуаты сәйкесінше 148 кВт-тан 65 және 70 кВт-қа дейін төмендеді. Қабылданған шешім сынақ циклдарында отын шығынын едәуір азайтуға мүмкіндік берді.

Гибриді автомобильдердің аналогтарына қатысты отын тиімділігін салыстырмалы бағалау 1-кестеде келтірілген. Гибриді автомобильдердің электр қондырғыларының тиімділігін салыстыру үшін американдық федералды ЕРА және еуропалық EU сынақ циклдары бойынша отын шығынын азайту пайызбен көрсетілген. Сондай-ақ, энергетикалық қондырғының κ_1 коэффициентінің мәндері және гибриді автомобильдердің отын тиімділігі көрсеткіштері келтірілген.

Электр қондырғысының басқа энергетикалық параметрлерін сипаттайтын коэффициенттер, мысалы, ДЖҚ пен электр қозғалтқышының айналу моменттерінің арақатынасы, электр қондырғысының жалпы қуаты және автомобильдің толық массасы, каталог[3] мәліметтері бойынша есептелген, 2-кестеде келтірілген. Электр қозғалтқышы мен іштен жану қозғалтқышының айналу моменттерінің арақатынасын сипаттайтын

$$\kappa_2 = M_{кэл} / M_{кд} \quad (2)$$

коэффициенті әдеттегі будандарда (HEV) 0,65-1,46 аралығында болады.

Максималды мәні $\kappa_2=2,8$ жаңа типтегі электр қондырғысы (PHEV) 55 кВт электр қозғалтқышы бар Chevrolet Volt гибриді автомобиль. Бұл автомобиль сонымен қатар әдеттегі гибридтерге қарағанда 16 кВт / сағ қуатты литий-ионды аккумуляторға ие және оны электр желісінен қайта зарядтауға мүмкіндік береді, бұл оған бір зарядта 61 км қашықтықты жүруге мүмкіндік береді. Осы автомобильдердің электр қондырғысы олардың жұмысының ерекшелігіне байланысты бөлек қарастыруға лайық. Айта кету керек, соңғы жылдары кәдімгі гибридтердің (rum) автомобиль паркінің қарқынды дамуымен ерекше будандар (PHEV) Chevrolet Volt, Toyota Prius Plug-in және т.б. пайда болды, бұл будандар электр

желісінен қайта зарядталатындығымен ерекшеленеді (plug-in hybrid vehicle – қосалқы гибридті автомобиль). Олар электр тартымдылығын барынша пайдаланады, ал егер батарея таусылған болса, олар ішкі жану қозғалтқышынан тартылуға ауысады. Зарядтау үшін кәдімгі электр желісі қолданылады немесе арнайы зарядтағыштар қолданылады.

Үшінші коэффициент

$$\kappa_3 = N_{\text{іжк}} / N_{\Sigma} \quad (3)$$

ДЖҚ қуатының электр қондырғысының жалпы қуатына қатынасын сипаттайды және 0,73-0,9 аралығында болады. Chevrolet Volt гибридті көлігі ең төменгі мәнге ие $\kappa_3=0,57$. $N_1 = N_{\Sigma}/m_{\Sigma}$ коэффициенті электр станциясының жалпы қуатының автомобильдің толық массасына қатынасын сипаттайды және 0,044-0,096 аралығында болады. N1-дің ең үлкен мәні - Porsche Cayenne сияқты жылдам гибридті көліктер. Автокөліктің максималды жылдамдығы 242 км/сағ және жоғары динамикалық сапалары бар, бір жерден 100 км-ге дейін үдеткіш 6,5 с құрайды.

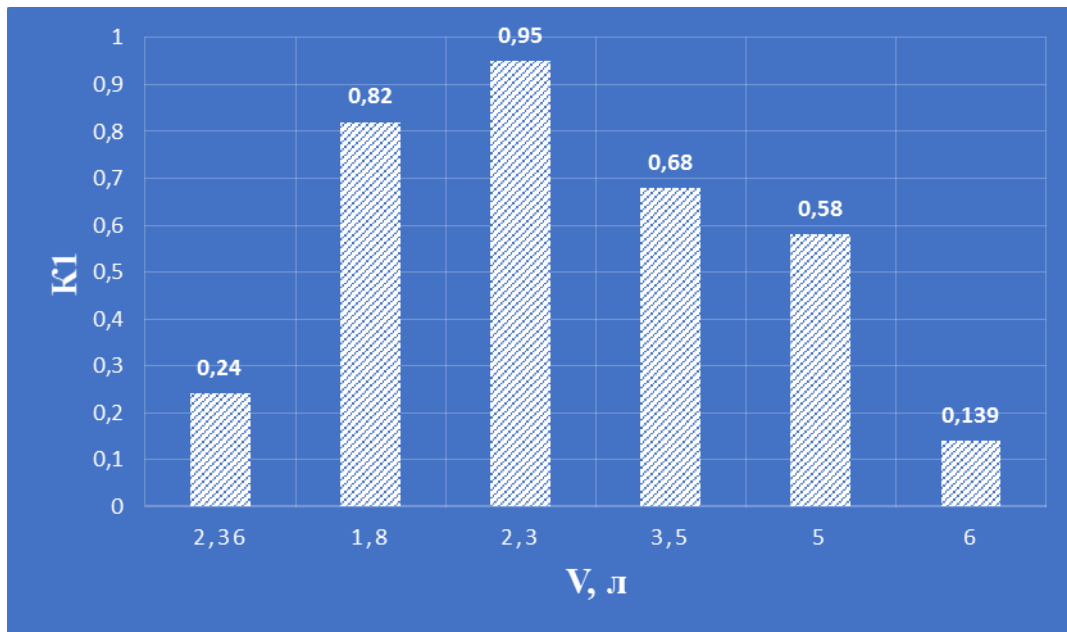
3. Нәтижелер мен талдаулар

Кесте 1. κ_1 коэффициентінің сынақ циклындағы аналогтарға қатысты гибридті автомобильдердің отын шығынын азайтуға әсері

№	Автокөлік	$\kappa_1=N_{эл}/N_{іжк}$, кВт/кВт	Сынақ циклындағы отын шығыны, л/100 км	Аналогпен салыстырғанда отын шығынының азаюы, %
1	Toyota Corolla (гибрид)	0,82	EU 3,8/3,8/3,8	56/31/43
2	Toyota Corolla (бензин)	-	EU 8,7/5,5/6,7	-
3	Toyota Camry (гибрид)	0,95	EPA 6,9/7,1/6,9	36/ - /24
4	Toyota Camry (бензин)	-	EPA 10,7/7,3/9,1	-
5	Hyundai Sonata (гибрид)	0,24	EPA 6,4/6,0/6,2	45/ - /29
6	Hyundai Sonata Fe (бензин)	-	EPA 11,7/6,9/8,7	-
7	Ford Escape (гибрид)	0,61	EPA 7,6/6,9	36/18
8	Ford Escape (бензин)	-	EPA 11,8/8,4	-
9	Lexus RX (гибрид)	0,67	EPA 7,3/8,4/7,8	49/ - /26
10	Lexus RX 350 (бензин)	-	EPA 14,3/8,4/10,6	-
11	Mercedes-Bens S400(гибрид)	0,073	EU 10,8/6,4/4,8	0/ - /41
12	Mercedes-Bens S350 (бензин)	-	EU 10,8/6,5/8,1	-
13	Cadillac Escalade (гибрид)	0,24	EU 11,6/10,7/11,1 EPA 11,8/10,2	41 /5/24 54/22
14	Cadillac Escalade (бензин)	-	EU 20,1/11,3/14,5 EPA 18,1/13,1	-

15	Porsche Cayenne (гибрид)	0,139	EU 8,7/7,9/8,2	45/6/27
16	Porsche Cayenne (бензин)	-	EU 15,9/8,4/11,2	-
17	BMW 7 (гибрид)	0,045	EU 12,6/7,6/9,4	26/15/21
18	BMW 7 (бензин)	-	EU 17,1/8,9/11,9	-

Honda insight гибридинің және оның Honda Inspire бензин аналогының өнімділігін талдау көрсеткендей, іштен жану қозғалтқышының қуат резервуарының жұмыс көлемін ұтымды таңдау және әртүрлі режимдерде Электр қозғалтқышын оңтайлы пайдалану аралас еуропалық циклде отын шығынын 36% - ға төмендетуге мүмкіндік береді [3, 4]. Жанармай үнемдеудің едәуір бөлігіне ішкі жану қозғалтқышының литрін 3,47 литрден 1,34 литрге дейін азайту және автомобильдің бос салмағын азайту арқылы қол жеткізілді. Бұл ретте электр қондырғысының жалпы қуаты 10 кВт электр қозғалтқышының қуаты кезінде 72 кВт құрады. Аналогқа қатысты қуат екі еседен астам төмендеді, гибридіті көліктің максималды жылдамдығы 186 км/сағ, ал үдеу уақыты 100 км/сағ - 12,6 с.



Сурет 5. Әр түрлі гибридіті автомобильдердегі іштен жану қозғалтқышының жұмыс көлеміне байланысты K_1 коэффициентінің мәні

Электр қозғалтқышының қуаты жылдамдықтың жоғарылауымен сызықты түрде өседі, сондықтан гибридіті автомобильдің динамикасы дәстүрлі автомобильдерден кем түспейді. Жұмыс көлемі 1,6 - 1,8 л болатын бір класты бензинді ДЖҚ бар Toyota фирмасының автомобильдері сол фирманың 3,5 литрге қарағанда сынақ циклдерінде отын шығынын 18% - ға аз.

K_1 коэффициенті 1 кестеде келтірілген $N_{эл}/N_{ішкі}$ гибридіті автомобильдің электр қозғалтқышы мен ішкі қозғалтқыш қуаттарының қатынасын сипаттайды. Гибридіті автомобильдер үшін K_1 коэффициентінің мәні 0,073-тен 0,95-ке дейін өзгереді. Ішкі жану

қозғалтқышы мен электр қозғалтқышынан тартудың негізгі көздерінің қуаттылығының оңтайлы арақатынасы, сондай - ақ энергия сыйымдылығы мен энергияны сақтау қуаты гибридті автомобильдің қандай қозғалыс режимдерінде жұмыс істейтініне байланысты.

K_2 коэффициенті электр қозғалтқышы мен іштен жану қозғалтқышы моменттерінің арақатынасын сипаттайды, $\kappa_2 = M_{кдвс} / M_{кэл}$ және 0,69-3,1 шегінде. K_3 коэффициенті ішкі жану қозғалтқышының қуаты мен электр станциясының жалпы қуатының арақатынасын сипаттайды $\kappa_3 = N_{двс} / N_{эл}$. N_1 коэффициенті электр қондырғысының жалпы қуатының автомобильдің жалпы салмағына қатынасын сипаттайды $N_1 = N_{кв} / m_{эл} (\kappa_{Вт} / \kappa_2)$ және 0,039-0,125 аралығында болады. Электр қондырғыларының энергетикалық параметрлерін сипаттайтын коэффициенттер, мысалы, іштен жану қозғалтқышы мен электр қозғалтқышының моменттерінің арақатынасы, іштен жану қозғалтқышы мен электр қозғалтқышының қуаты, автомобильдің толық массасына қатысты электр станциясының жалпы қуаты кестеде келтірілген.

Қорытынды

Гибридті автокөліктердің артықшылықтары мен кемшіліктері. Энергияның екі түрін біріктіретін автомобильдер туралы айтатын болсақ, соңғы әзірлемелер мен жобалар барысында инженерлік ойлар қайта зарядталатын гибрид жүйелерінің тиімділігі айқын көрінеді. Олар кез келген басқа гибридті көліктермен салыстыра келгенде тиімдірек болып табылады. Қайта зарядталатын гибридтердің беріліс қорабы екі қозғалтқышпен де, электрлік және ішкі жану қозғалтқышымен қатар, (параллель гибридтер) және электр қозғалтқышымен қозғалысқа келтірілетін ішкі жану қозғалтқышы бар (сериялық гибридтер) арқылы да жұмыс жасай алады. Режимдер арасында ауысуды электронды басқару блогы жүзеге асырады, бұл отын шығынын азайтуды қамтамасыз етеді, нәтижесінде, ластаушы заттар шығарындыларының деңгейін төмендету мақсаты жүзеге асырылады.

Қайта зарядталатын гибридтер әдетте ішкі жану қозғалтқышының жылу энергиясын және литий-ионды сыйымдылығы жоғары аккумулятормен қамтамасыз етілген электр энергиясын біріктіреді. Бұл көлікке батареяның көлеміне және оның сипаттамаларына байланысты электромобиль режимінде қозғалуға мүмкіндік береді. Қайта зарядталатын гибридтердің басқалардан басты айырмашылығы гибридті қондырғылар батареяны зарядтауды қарапайым электромобильдегідей электр желісіне қосу арқылы жүзеге асыруға болады. Ғалымдар мен инженерлер дизайнның күрделілігі мен үдеу уақытын азайту, электромобиль режиміндегі қозғалыс уақытын арттыру үшін жұмыс істейді. Және бұл жұмыс өзекті, өйткені автомобильдер көбірек фирмалар қайта зарядталатын гибридтерді құрастырады. Мысалы, Mitsubishi 2020 жылға қарай электр энергиясына арналған автомобиль паркіне толығымен бет бұрады.

Сонымен қатар, гибридті автомобильдердің тежеу кезіндегі электр энергиясы, жанармай құю станциялары арасында жүріс қашықтығын ұлғайтуға және энергияның екі түрін пайдалануға мүмкіндігі бар, сондықтан олар үнемді және экологиялық таза болып келеді.

Гибридтердің кемшіліктеріне олардың техникалық құрылымының күрделілігі және сәйкесінше жоғары баға жатады. Мысалы, Mitsubishi Outlander автокөлігінің гибридті нұсқасының құны бензин моделінің құнынан екі есе жоғары. Содан кейін пайдаланылған батареяларды қайта өңдеу қажеттілігін атап өту керек, олардың қызмет мерзімінің соңында шамамен 30% заряд қалады, бұл көлікті қуаттандыруға жеткіліксіз. Ғалымдар бұл батареяларды баламалы көздерден алынатын электр энергиясын сақтау үшін пайдалануды ұсынады. Сонымен қатар, батареяларда қайта өңдеуді қажет ететін қымбат сирек металл - литий бар. Оған қоса, батареяның өнімділігі қоршаған ортаның температурасы мен ылғалдылығына байланысты. Тағы бір айта кететін мәселе, гибридтер жоғары кернеудің болуына байланысты жол-көлік оқиғалары кезінде жаяу жүргіншілер үшін қауіпті. Қазіргі уақытта ТМД елдері жолдарында көптеген гибридті модельдер пайда болды. Алайда,

электр машиналары үшін дамыған инфрақұрылымның болмауы қайта зарядталатын гибридтердің дамуына кедергі келтіреді. Алайда, жақын арада қазба отындарының қоры азайып, гибридті көліктер кең таралуы мүмкін.

Осылайша, автомобильдің отын шығынын азайтудағы шешуші рөлді электр қозғалтқышының таңдалған қуаты ғана емес, оның басқа сипаттамалары - электр қозғалтқышының жұмыс алгоритмі, автомобильдің әртүрлі қозғалыс режимдерінде электр қозғалтқышын қосу режимін анықтайтын таяқшалар, сондай-ақ қозғалтқыштың құрылымдық ерекшеліктері. Іштен жану қозғалтқышының көп параметрлі сипаттамалары оңтайлы аймақта жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Бірақ сонымен бірге, үнемділік тұрғысынан оңтайлы алгоритмді іске асыру үшін электр қозғалтқышының белгілі бір қуаты қажет екенін атап өткен жөн, ол қалалық және магистральдық цикл жүктемелерінің кең ауқымында электр тартқышпен жұмыс істеуді қамтамасыз етеді. Жоғарыда келтірілген статистикалық мәліметтерге сүйене отырып, гибридті көлікті жобалаудың бірінші кезеңінде оның қуат блоктарының қуат қатынасын таңдауға болады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Каталоги автомобилей 2012-2015 г. Automobile revue.
2. T. Hoffman, M. Steinbuch, R. V. Druten, A. Serrarens, "Rule-based energy management strategies for hybrid vehicle," International Journal of Electric and Hybrid Vehicles 1, no. 1 (2007) (pp. 71-94)
3. Гибридные автомобили и их компоненты (обзор зарубежной печати). Мобильная техника №1, №2, №3, 2003 г.
4. T. Cummings, T. H. Bradley, and Z. D. Asher, "The effect of trip preview prediction signal quality on hybrid vehicle fuel economy", IFAC-Papers Online, vol. 48, no. 15, pp. 271-276, 2015
5. Ломакин В.В. К вопросу выбора мощности ДВС энергетической установки гибридных автомобилей / В.В. Ломакин, А.В. Шабанов, А.А. Шабанов // Журнал автомобильных инженеров. ААИ. – 2013. – № 1 (78). – С. 26–29.
6. Загарин Д.А. Плюс электропривод [и др.]//Энергоэффективность и энергосбережение. 2013. № 9–10.
7. S. Onori, L. Serrao, and G. Rizzoni, "Hybrid electric vehicles energy: management strategies," in Springer Briefs in Control, Automation and Robotics. New York, NY, USA: Springer, 2016, chs. 4-7.
8. L. Serrao, S. Onori, G. Rizzoni, "A comparative analysis of energy management strategies for hybrid electric vehicles", Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, vol. 133, no. 3, pp. 031012(1-9), doi: <https://doi.org/10.1115/1.4003267>, 2015.

Е.Е. Назарбаев, Ж.Р. Алипбаев, А.А. Каражанов, У.Ш. Кокаев

Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Исследования технологий гибридных автомобилей и условия выбора электроустановки

Аннотация. Известно, что в соответствии с быстрым развитием производственно-промышленной отрасли в XX-XXI веках резко возросло использование нефтегазовых продуктов. Данный фактор, в свою очередь, привел к возникновению таких проблем, как загрязнение окружающей среды, изменение мировых температур, дефицит нефтяных ресурсов. По указанным причинам автомобильные компании начали проводить исследования с целью внедрения гибридных технологий в повседневную жизнь. В статье рассматривается история возникновения гибридных технологий, принципы и основы их функционирования, а также обзор используемых технологий на современном этапе. Статья основана на исследованиях,

касающихся технологий изготовления существующих коммерческих автомобилей, таких, как Toyota Prius, Astrolab, а также топлива и сырья, используемых в гибридных автомобилях. В статье приводятся плюсы и минусы рассмотренных технологий, выводы о том, что гибридные автомобили в будущем станут альтернативой бензиновым и дизельным автомобилям.

Ключевые слова: автомобиль, гибридные автомобили и электромобили, аккумулятор, окружающая среда, источники питания.

Y. Nazarbayev, Zh. Alipbayev, A. Karazhanov, U. Kokayev
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Research of hybrid car technologies and conditions for choosing an electrical installation

Abstract. It is known that in accordance with the rapid development of the industrial industry in the XX-XXI centuries, the use of oil and gas products has increased dramatically. This factor, in turn, has led to problems such as environmental pollution, changes in global temperatures, and a shortage of oil resources. For these reasons, car companies have begun to conduct research in order to introduce hybrid technologies into everyday life. The article examines the history of the emergence of hybrid technologies, as well as the principles and fundamentals of their functioning, as well as an overview of the technologies used at the present stage. The article is based on research concerning the manufacturing technologies of existing commercial vehicles, such as Toyota Prius, Astrolab, as well as fuel and raw materials used in hybrid cars. The article presents the pros and cons of the technologies considered, conclusions that hybrid cars will become an alternative to gasoline and diesel cars in the future.

Keywords: car, hybrid cars and electric vehicles, battery, environment, power sources.

References

1. Catalogs of cars 2012-2015 Automobile revue.
2. Hoffman T., Steinbuch M., Drueten R.V., Serrarens A. Rule-based energy management strategies for hybrid vehicle// International Journal of Electric and Hybrid Vehicles 1, no. 1 (2007) (pp. 71-94)
3. Hybrid cars and their components (review of foreign press). Mobile equipment No. 1, No. 2, No. 3, 2003
4. Cummings T., Bradley T. H., Asher Z. D. The effect of trip preview prediction signal quality on hybrid vehicle fuel economy// IFAC-Papers Online, vol. 48, no. 15, pp. 271-276, 2015
5. Lomakin V.V. On the issue of choosing the power of the internal combustion engine of a hybrid car power plant / V.V. Lomakin, A.V. Shabanov, A.A. Shabanov // Journal of Automotive Engineers. AAI. – 2013. – № 1 (78). – Pp. 26-29.
6. Zagarin D.A. Plus electric drive [et al.]//Energy efficiency and energy conservation. 2013. № 9–10.
7. Onori S., Serrao L., Rizzoni G. Hybrid electric vehicles energy: management strategies/ In Springer Briefs in Control, Automation and Robotics. New York, NY, USA: Springer, 2016, pp. 4-7.
8. Serrao L., Onori S., Rizzoni G. A comparative analysis of energy management strategies for hybrid electric vehicles//Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, vol. 133, no. 3, pp. 031012(1-9), doi: <https://doi.org/10.1115/1.4003267>, 2015.

Авторлар туралы мәлімет:

Е.Е. Назарбаев – докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Ж.Р. Алыпбаев – техника ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

А.А. Каражанов – техника ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

У.Ш. Кокаев – техника ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Ү. Назарбаев – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

А. Каражанов – Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Ж. Алипбаев – Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

И. Кокаев – Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

М.Т. Ногайбекова

*Таразский региональный университет имени М. Х. Дулати, Тараз, Казахстан
(E-mail: 1964manat@mail.ru)*

Архитектура административных зданий в городской среде

Аннотация: В статье рассматриваются способы формирования и расположения зданий административного управления в современной городской среде. Отмечается важность объема городской администрации в структуре современного крупного города, в создании аттрактивной среды и сохранении культурных ценностей методом синтеза новейших приемов архитектуры и градостроительства и выработанных временем социальных привязанностей в городском пространстве, условий для маломобильной группы населения.

Ключевые слова: здания административного управления, городская среда, Тараз, социальное участие, общественная жизнь города, трансформация городской среды, городская площадь, Агора, урбанизация.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-92-103

1. Введение

В связи с быстрым темпом урбанизации в городах наряду с ростом жилища на улицах городов увеличиваются административные здания различного назначения. Современный город представляет собой синтез разнообразных структур, тесно связанных друг с другом (жилая система, общественная система, транспортная система и др.).

Кроме того, административные здания и офисные помещения требуют постоянной модернизации. Это связано с такими особенностями, как смена владельцев и арендаторов зданий, изменение объемов и профиля деятельности, размещающихся в них организаций, изменения численности персонала и его структуры, с динамикой развития новых управленческих технологий, а также с созданием современных архитектурных конструкций и материалов. Вместе с тем, в настоящее время недостаточно исследованы и разработаны методы выбора архитектурных решений, направленные на достижение высокого уровня эффективности административных зданий и их региональной специфики [1].

Цель статьи. Изучение эволюции архитектуры классических и современных административных зданий.

2. Методы

Быстрый рост урбанизации приводит к большому спросу рабочих мест в городах, что способствует росту различных административных зданий на улицах городов. Город подобен государству, что находит отражение в существующей системе управления и ее распределении по уровням (республиканские, областные, городские, районные, моногорода). Город имеет сложную структуру управления с составляющими его механизмами, имеющими разные функциональные обязанности и территории. Правильно организованная и функционирующая система управления городом, способная

выстраивать прямой диалог между городом и его жителями, должна содействовать выявлению сильных сторон большинства концепций о градостроительных концепциях и максимально внимательно воплощать их в жизнь.

Таблица 1. Классификация административных зданий управления и функции [1]

По назначению административному	По уровню	Функции	По назначению
Законодательные Правоохранительные Социальные	Республиканские Областные Районные Городские Местные	Министерства Государственные комитеты Административно-хозяйственные учреждения Юридические учреждения Департаменты	Координация Управление Посольство Консульство Представительство

Вместе с проблемой общественного участия появляется взаимосвязанная неувязка информатизации этого процесса, что вызывает необходимость создания для этого соответствующего органа управления и пространства. Бывает, что одни и те же функции выполняют несколько организаций, дублируя друга. Решение этой проблемы стоит перед архитекторами в современном обществе. Такими вопросами должны одновременно заниматься как архитекторы, так и системы управления. Многие знаменитые архитекторы создали объемы, включающие в себя как тенденции многофункциональности пространства, так и тенденции предельного общественного контакта между горожанами, так называемые ратуши. Современная ратуша является предметом эволюции мэрии и делового центра за счет насыщения зонами отдыха для создания максимально красивой среды, способствующей удобному проживанию и разделению трудового и досугового процессов для более успешного результата. В результате интенсивности процессов, происходящих в здании, случаются многочисленные пересечения потоков социальных групп в местах совместного интереса. Сооружения городской администрации всегда были одними из самых значительных в городе, что обусловлено их направлением в качестве «штаба» города, центра принятия государственных решений, голосования, места проведения всевозможных общественных и культурных мероприятий. Объем здания в городской среде существовал рядом с его целостной площадью (главной, центральной площадью), которая также работала пространством для функционирования всех главных процессов городского управления и скопления наибольшего количества людей. Таким образом, в крупном городе администрация (городская или районная) представляет собой комплекс структур, образующих ядро социально-административной жизни города [2].

Древняя Афинская Агора играла большую роль в общественной жизни жителей Афин. Это место было важной частью повседневной жизни афинян, а также местом расположения различных зданий администрации, правосудия, государственного архива, юстиции, коммерческих структур и бизнеса. В северо-западной части площади был возведен Алтарь двенадцати богов (522 г. до н.э.), от него отсчитывали все дорожные расстояния. В западной части Агоры постепенно возникла централизованная система Афин. Важные административные здания и святилища Афин: круглый Толос (470 г. до н.э.) – резиденция афинского правительства, Булевтерий (конец V в. до н.э.) с амфитеатром, предназначенный для проведения различных собраний Буле – органа власти, разрабатывающего законодательные документы перед их вынесением на рассмотрение Народного собрания. Также на Агоре находился Метроон (2 век до н.э.) – здание из четырех помещений с колоннадой на фасаде для размещения святилища

Матери богов и городского архива. Как видно в Древних Афинах административные здания, расположенные на центральной площади Агоре, имели тесную связь с культовыми и религиозными зданиями и располагались по соседству с ними [3].

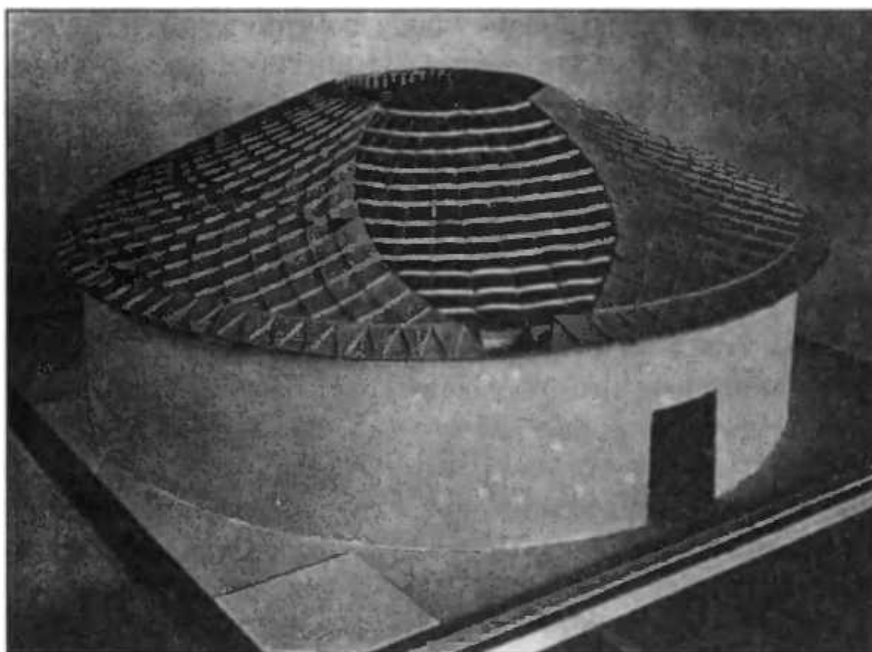


Рисунок 1. Административное здание Древней Греции - Толос [3]

Одной из старинных ратуш, сохранившаяся до наших дней, является Бучацкая. Здание высотой 37 метров в стиле барокко является центральной доминантой и символом города. Первоначально ратуша была увенчана 18-метровым шпилем и украшена 17 скульптурами и барельефными узорами выдающегося ваятеля И. Пинзеля. К сожалению, большую часть скульптур уничтожил пожар 1865 года. Благодаря утонченному синтезу архитектуры и скульптуры, Бучацкая ратуша считается выдающимся произведением мировой архитектуры эпохи позднего барокко в **городе Бучаче** на Тернопольщине. **Ратуша в Бучаче** — творение двух талантливых мастеров: **Бернарда Меретина**, руководившего строительными работами, и **Иоганна Георга Пинзеля**, который занимался внешней отделкой здания. Выше второго этажа ратуша имеет открытую обзорную площадку. Здание видно издалека и напоминает иногда церковь с колокольной. Свободное пространство вокруг ратуши позволяет проводить крупные городские мероприятия [4].



Рисунок 2. Ратуша в Бучаче [4]

Изменения касаются и городской площади, которая узко связана с административным зданием, в частности, введение дополнительных функций или трансформация в абсолютно свежее пространство. Таким образом, можно отметить положительную тенденцию в поддержании спроса на площадь с созданием дополнительных городских объемов, а также иногда усилением благоустройства и созданием скверов, торгово-выставочных площадей открытого типа. Отрицательной тенденцией, ведущей к потере объема городского пространства и сужению пространства, является поправка функции пространства, включение его в технические зоны или применение в качестве площадки для нового строительства, не связанного с административным правлением. Данная ситуация наблюдается во многих городах.

В городе Таразе, областном центре Жамбылской области для работы различных административных организаций выбирались здания, имеющие историческую ценность и находящиеся под охраной государства. Эта картина видна на центральной площади Тараза. В административных зданиях нашего города, построенных в 50-годах прошлого века, так называемых зданиях «Сталинского ансамбля», функционируют администрация акимата города Тараз, редакции областных газет, администрация областной налоговой инспекции и другие учреждения. В связи с ускоренным темпом роста населения и, соответственно, высокой плотности зданий и сооружений на определенных участках города наблюдается дискомфорт как и для горожан, так и для работы административных организаций.



Рисунок 3. Центральная площадь города Тараза
https://www.inform.kz/ru/taraz-vosstanavlivaetsya-posle-yanvarskih-sobytiy-fotoreportazh_a3888335



Рисунок 4. Административное здание редакции областных газет «Ак Жол»,
«Знамя труда» в городе Таразе
<https://varandej.livejournal.com/628582.html>

Транспортно-пешеходная нагрузка на окружающую территорию здания с учетом посетителей, сотрудников, маломобильной группы населения только повышается, что повлечет за собой постепенную трансформацию главной городской площади - проезды к административным зданиям и места для автостоянок. Но трансформация не всегда удается городским властям, так как существующие строения вдоль улиц не позволяют провести расширение и реконструкцию городской среды.

На основе изучения схем становится очевидно, что площадь имеет большой потенциал социального влияния, в ее пределах расположены здания различного функционального характера, от площади берут начало главные улицы городов. Данное решение можно увидеть на генеральных планах Парижа, Барселоны, Венеции, Флоренции. Освоение центральной площади можно определить как хороший вариант создания многофункционального пространства в городской среде и объединения административной, культурной и социальной функции в хорошем состоянии, либо создавались новые объекты, отвечающие новым направлениям архитектуры при строительстве.

Конечно, не всегда возможно использовать созданные шаблоны в попытке создать образцовое общественное пространство (даже полноценная площадь как неотъемлемая часть административного здания не всегда может быть целесообразно организована в существующей городской среде). Учитывая особенности каждой территории, используя проверенные временем и новейшие архитектурные принципы, возможно создавать новые архитектурные объекты и образы, сочетать в градостроительной композиции старую и новую застройку, точки социального притяжения и пешеходные связи.

Муниципальное офисное здание в Ле-Эрбье, разработанное французской студией Atelier du Pont, представляет собой яркий образец синтеза скульптуры с окружающей средой.



Рисунок 5. Муниципальное офисное здание в Ле-Эрбье, Франция [5]

Основной задачей архитекторов было создание образа, который стал бы продолжением возведенного в середине XIX века Эрбье Сити Холла и связало бы воедино культурное наследие, современность и природное окружение. Здание с плавными формами и нежными цветовыми гаммами создает интересный ансамбль в сочетании с Эрбье Сити Холлом и редкими раскидистыми деревьями [5].

При создании новых районов административные здания не играли главной роли в градостроительстве, в частности, их архитектурному виду и интеграции в городскую среду с созданием общественной привлекательности уже не уделялось достойного внимания. Если в прошлом административное здание - городское собрание/ратуша - было главным зданием города или района и отражало наилучшие успехи архитектуры того времени, то позднее архитектура этого типа несколько условна.

Деловой центр Дефанс Президент Франции Шарль де Голль дал указ возвести с целью разгрузки исторических районов Парижа от многочисленных банкиров, коммерсантов, бизнесменов и научных работников.

Этот интернациональный проект, начатый в конце 50-х годов, имел своей основной целью разгрузить центр города от многочисленных пробок, выведя большинство государственных финансовых учреждений и офисов компаний в ближайший пригород. Задача была успешно выполнена, здесь вы не попадете в транспортный коллапс. Необычное и оригинальное решение разведения транспортных и людских потоков является уникальным и единственным в мире. Туннель **Дефанс**, все транспортные магистрали, развязки, автобусные станции, автостоянки, станция пригородных электричек RER расположены под эспланадой, представляющей собой огромную бетонную платформу с пешеходной зоной и высотными зданиями.

Весь архитектурный комплекс притягивает к себе разнообразными образами административных зданий и сооружений, интересными элементами благоустройства. Нигде вы больше не увидите такое богатое разнообразие архитектуры административных зданий.

Французы не были бы самими собой, не создав нечто особенное. Виды великолепны, одинаково прекрасны в дневное и вечернее время [6].



Рисунок 6. Деловой центр Дефанс в Париже [6]

Эспланада решает серьезные проблемы в области экологии в квартале Дефанс, под которой находится подземная автодорога, автостоянки, инженерные коммуникации. В проекте делового центра Дефанс парижские архитекторы смогли устранить проблему бесконечных пробок, обеспечили безопасность пешеходам. Вся транспортная система надёжно спрятана под эспланадой: скоростное метро, железнодорожные линии, автомагистрали, автостоянки.

3. Результаты и обсуждение

Создание общественных центров на основе существующих административных зданий можно отнести к попытке достичь лучших результатов за счет минимизации работ. Реконструкция прослуживших много лет административных зданий и наполнение их новыми функциями — это процесс, показавший свою положительную результативность

на практике во всем мире за последние годы, а также значимость общественного участия. Преобразование зданий позволяет архитектуре адаптироваться к новым требованиям, затрагивающим функции и комфорт пространства. Здания административных центров городского самоуправления в современном городе должны быть местом для совместной работы власти и жителей города, поэтому важно не забывать о создании функционирующей офисной структуры – «индивидуальности, безопасности, открытости, свободы и прозрачности» архитектуры. Согласно новым способам в организации офисных зданий важно организовать совместную работу и взаимодействие в непрерывно меняющемся пространстве административного центра, которое может в любой момент адаптироваться к нуждам пользователей.

Также надо отметить, что в городах частично отсутствует архитектурный административный облик. В погоне за легкими деньгами бизнесмены и местное управление города не заинтересованы в заказе качественного и индивидуального проекта архитекторам-профессионалам для новых административных зданий. Чаще всего мы видим на улицах наших городов новые административные здания, выполненные по старым типовым проектам или здания, выполненные не профессионалами-проектировщиками.

Ведь во многих административных зданиях затруднен доступ посетителям и маломобильной группе населения: службы охраны, запреты, барьеры, шлюзы, отсутствие соответствующих лифтов и подъемников.

К этим факторам также относится отсутствие пандусов во входной группе зданий и сооружений, а при наличии пандусов их несоответствие требованиям нормативных документов (скользкие покрытия, неправильный уклон пандусов, неверные параметры перил и ограждений, отсутствие защитных конструкций от попадания осадков).

При наличии в числе работающих маломобильных сотрудников, пользующихся креслами-колясками, в залах совещаний должны быть места для них из расчета не менее 1,65 м² на одно место.

Таблица 2. Предприятия питания для обслуживания сотрудников и посетителей административно-бытовых зданий [7]

Наименование организаций и учреждений	Нормативная величина и тип рекомендуемых предприятий питания
Предприятия, административные здания	25% численности работающих в смену (максимальную). Столовая, комната приема пищи
Конструкторские и проектные организации	Столовая - 20 % сотрудников
Здания управления и юридические учреждения	25 % численности сотрудников; до 50 сотрудников - комната приема пищи, от 50 до 200 - кафетерий, более 200 - столовая, более 1500 сотрудников - дополнительно бары на этажах
Банки	25 % от численности сотрудников; до 50 сотрудников - комната приема пищи; от 50 до 100-кафетерий (бар); от 100 до 200 - кафе; более 200 - столовая
Суды	От 20 % до 25% от числа сотрудников, буфет

Примечание - Для организации диетического питания в столовых при промышленных предприятиях рекомендуется отводить 20 % от общего количества мест.

Площадь помещений для работающих маломобильных сотрудников, пользующихся креслами-колясками, следует принимать из расчета не менее 7,6 м².

Стоянки личного автотранспорта маломобильных групп должны размещаться не далее 50 м от контрольно-пропускных пунктов. На крупных и реконструируемых предприятиях, где расстояния от автостоянок общего пользования превышают 50 м до проходных, а от проходных пунктов до входов в здания, где расположены рабочие места маломобильных сотрудников, в сумме превышают 300 м, автостоянки для маломобильных сотрудников следует делать обособленными и размещать их в производственной зоне предприятия рассредоточено, вблизи входов в бытовые корпуса. В этих случаях в планировке контрольно-пропускных пунктов или проходных предусматривают возможность пропуска личного автотранспорта маломобильного сотрудника на заводскую территорию.

Покрытие пешеходных дорожек, тротуаров и пандусов должно быть из твердых материалов, ровным, шероховатым, без зазоров, не создающим вибрацию при движении, а также предотвращающим скольжение, т.е. сохраняющим крепкое сцепление подошвы обуви, опор вспомогательных средств хождения и колес кресел-колясок при сырости и снеге [7].

Контрольно-пропускные пункты, оборудованные турникетами, должны иметь проезды для кресел-колясок шириной не менее 1,2 м.

На пути передвижения маломобильных сотрудников с нарушениями функций зрения устройство турникетов-вертушек нежелательно.

Входные узлы, коммуникации, помещения и зоны обслуживания, доступные для маломобильных посетителей, а также места, предназначенные для стоянки автомашин инвалидов, должны обозначаться знаками установленного международного образца. Там следует предусматривать визуальную, звуковую и осязательную системы информации о виде и месте предоставляемых услуг и о возможной опасности [8].

В комплекс Московского Кремля входят различные правительственные и административные здания России. В Потешном дворце Московского Кремля при Петре I работал Полицейский приказ. С 1806 года в нем расположились и функционировали комендатура Москвы и жилые помещения. В Древней Руси в Грановитой палате и Золотой Царицыной Палате Московского Кремля проводились встречи с зарубежными правительственными делегациями, давались торжественные обеды. Данные мероприятия проводятся в настоящее время по торжественным датам и событиям [10].

Рабочая резиденция Президента Российской Федерации в Кремле располагается в здании Сената (в XIX веке оно называлось зданием присутственных мест, в XX веке – зданием Совета Министров СССР). Здание Сената построено в 1779-1787 годах русским архитектором Матвеем Казаковым в стиле классицизма. В 1995 году Сенатский дворец был отреставрирован. В настоящее время резиденция Президента России в Сенатском дворце состоит из деловой и представительской (парадной) частей. Деловая часть включает в себя рабочий и представительский кабинеты Президента, кабинеты его ближайших помощников, зал заседаний Совета Безопасности, президентскую библиотеку [11].

Кремлевский Дворец был сооружен в 1959–1961 годах на месте разобранных при его строительстве зданий первой половины XIX века, наиболее известным из которых была старая Оружейная палата архитектора И. В. Еготова. Идея размещения здания в Кремле принадлежала лично главе Советского Союза Н. С. Хрущеву. Авторский коллектив архитекторов, получивший за проект дворца Ленинскую премию 1962 года, возглавлял выдающийся советский зодчий М. В. Посохин. Произведения монументального искусства, украшающие дворец, были выполнены известными художниками А.А. Дейнекой и А.А. Мыльниковым. В комплексе Московского Кремля правительственные и административные здания в соседстве с уникальными древними соборами и церквями, Царь-пушкой, Царь-колоколом, могучими башнями, Красной площадью создают неповторимый художественный ансамбль архитектуры.

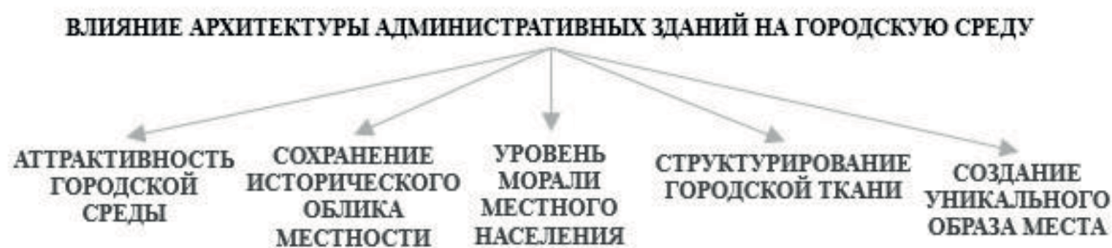


Таблица 3. Уровни влияния архитектуры административных зданий на городскую среду [1]

Важно помнить, что город, прежде всего, это живущие в нем люди, а архитектура – это способ, средства и язык, отражающие и организующие современные темпы жизнедеятельности горожан. Поэтому можно твердо сказать, что создание новых административных центров с целью формирования и обустройства соответствующих социальных пространств, а также увеличение интереса к развитию города и состоянию его окружающей среды являются главными задачами и одной из главных проблем современной архитектуры и урбанизма. Административные здания часто терпят изменения и перепланировку вследствие реорганизаций и преобразований организаций и учреждений.

В Таразе в трех зданиях бывших крупных проектных институтов сегодня работают областная прокуратура, «Казтрансгаз», ДВД Жамбылской области. Данные здания были построены по проекту как специализированные проектные организации с большими просторными кабинетами для архитекторов, инженеров-конструкторов, инженеров-сантехников, инженеров-электриков и т.д. Теперь эти большие просторные кабинеты претерпели серьезные изменения, они разделены на несколько кабинетов с другими параметрами, понизились в них уровни естественного освещения и инсоляция внутреннего пространства.

4. Выводы

Неизвестно, насколько эффективны такие пространства будут в будущем, но трансформируемость и автономность как основные качества этой концепции могут обеспечить им адаптивность и стабильную востребованность, растущую вместе с увеличением потока информатизации и потенциалом выстраивания социальных диалогов во всех сферах жизни города. Конечно, не всегда возможно использовать выработанные шаблоны в попытке создания идеального общественного пространства (даже полноценная площадь как неотъемлемая часть административного здания не всегда может быть рационально организована в существующей городской среде), но отталкиваясь от индивидуальности каждой территории, используя проверенные временем и новейшие архитектурные принципы, можно синтезировать уникальные архитектурные объекты и образы, объединяющие внешние и внутренние пространства, старые и новые постройки, точки социального притяжения и пешеходные связи.

Административные здания в группе общественных зданий являются самыми уязвимыми и терпящими часто изменения вследствие появления новых административных структур. Сегодня наблюдается тенденция появления многофункциональных зданий, Сити-холлов с различными административными зонами, что создает определенные удобства для посетителей и сотрудников.

Административные здания (отделение связи, нотариус, акиматы, филиалы банков, прокуратура, милиция, суды и т.д.) являются самыми посещаемыми у маломобильной группы населения, поэтому мероприятия в зданиях для их посещения и передвижения необходимо предусматривать в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Список литературы

1. Мохамед Ибрагим Мохамед Абдельхади. Принципы формирования архитектуры современных административных зданий в жарком климате: на примере Египта. <https://www.dissercat.com/content/printsipy-formirovaniya-arkhitektury-sovremennykh-administrativnykh-zdaniy-v-zharkom-klimate> (дата обращения: 01.03.2023)
2. Ингиницкая Д.А., Калинина Н.С. Здания административного управления как центры социального участия в формировании современного города//. — Системные технологии. — 2020. — № 35. — С. 47—54-статья <https://cyberleninka.ru/article/n/zdaniya-administrativnogo-upravleniya-kak-tsentry-sotsialnogo-uchastiya-v-formirovanii-sovremennogo-goroda> (дата обращения: 01.03.2023)
3. Древняя Агора <https://triptutorial.com/greece/athens/sights/drevnyaya-agora/> (дата обращения: 01.03.2023)
4. Самые красивые ратуши Западной Украины <https://www.ukraine-is.com/ru/samye-krasivye-ratushi-zaradnoj-ukrainy/> (дата обращения: 01.03.2023)
5. Муниципальный центр во Франции <https://www.admagazine.ru/architecture/municipalnyj-centr-vo-francii> (дата обращения: 01.03.2023)
6. Что посмотреть в квартале Ла Дефанс (LaDefense) - Французский Манхеттен <https://posmotrim.by/article/chto-posmotret-v-kvartale-la-dafans.html> <https://posmotrim.by/article/defans.html> (дата обращения: 01.03.2023)
7. Административные и бытовые здания СП РК 3.02-108-2013 https://www.egfntd.kz/rus/page/NTD_KDS_SPRK (дата обращения: 01.03.2023)
8. Общественные здания и сооружения СП РК 3.02-107-2014*https://www.egfntd.kz/rus/page/NTD_KDS_SPRK (дата обращения: 01.03.2023)
9. Официальные резиденции Президента Российской Федерации. Справка. <https://ria.ru/20090705/176204182.html> (дата обращения: 01.03.2023)
10. Дутлова Е. История строительства Кремлевского Дворца Съездов (Государственного Кремлевского Дворца) https://www.icomos.org/public/risk/2007/pdf/Soviet_Heritage_37_V-7_Dutlova.pdf (дата обращения: 01.03.2023)

М.Т. Ногайбекова

М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан

Қалалық ортадағы әкімшілік ғимараттардың сәулеті

Аңдатпа: Мақалада қазіргі қалалық ортада әкімшілік басқару ғимараттарын қалыптастыру және орналастыру әдістері қарастырылады. Қазіргі заманғы ірі қаланың құрылымында қала әкімшілігі өлемінің маңыздылығы, көрнекті орта құру және сәулетпен қала құрылысының жаңа әдістерін синтездеу арқылы мәдени құндылықтарды сақтау және қала кеңістігінде уақыт өткен сайын қалыптасқан әлеуметтік байланыстар.

Түйін сөздер: әкімшілікті басқару ғимараттары, қалалық орта, Тараз, әлеуметтік қатысу, қаланың қоғамдық өмірі, қалалық ортаның трансформациясы, қалалық алаң, Агора.

M. Nogaibekova

M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

Architecture of administrative buildings in an urban environment

Abstract. The article discusses the ways of formation and location of administrative buildings in the modern urban environment. The importance of the volume of the city administration in the structure of a modern large city, the creation of an attractive environment and the preservation of cultural values by synthesizing the latest techniques of architecture and urban planning and time-developed social attachments in urban space is noted.

Keywords: administrative buildings, urban environment, Taraz, social participation, public life of the city, transformation of the urban environment, city square, Agora.

References

1. Mohamed Ibrahim Mohamed Abdelhadi. Principles of formation of architecture of modern administrative buildings in a hot climate: on the example of Egypt. <https://www.dissercat.com/content/printsipy-formirovaniya-arkhitektury-sovremennykh-administrativnykh-zdaniy-v-zharkom-klimate> (accessed: 01.03.2023)
2. Inginit'skaya D.A., Kalinina N.S. Administrative management buildings as centers of social participation in the formation of a modern city//. — System technologies. — 2020. — No. 35. — pp. 47-54-article <https://cyberleninka.ru/article/n/zdaniya-administrativnogo-upravleniya-kak-tsentry-sotsialnogo-uchastiya-v-formirovanii-sovremennogo-goroda> (accessed: 01.03.2023)
3. Ancient Agora <https://triptutorial.com/greece/athens/sights/drevnyaya-agera/>
4. The most beautiful town halls of Western Ukraine <https://www.ukraine-is.com/ru/samye-krasivye-ratushi-zapadnoj-ukrainy/> (accessed: 01.03.2023)
5. Municipal center in France <https://www.admagazine.ru/architecture/municipalnyj-centr-vo-francii> (accessed: 01.03.2023)
6. What to see in the La Defense quarter - French Manhattan <https://posmotrim.by/article/chto-posmotret-v-kvartale-la-dafans.html> (accessed: 01.03.2023) <https://posmotrim.by/article/defans.html> (accessed: 01.03.2023)
7. Administrative and residential buildings of the Joint Venture of the Republic of Kazakhstan 3.02-108-2013 https://www.egfntd.kz/rus/page/NTD_KDS_SPRK (accessed: 01.03.2023)
8. Public buildings and structures of the Joint Venture of the Republic of Kazakhstan 3.02-107-2014*https://www.agent.kz/rus/page/TD_KDS_SPRK (accessed: 01.03.2023)
9. Official residences of the President of the Russian Federation. Reference. <https://ria.ru/20090705/176204182.html> (accessed: 01.03.2023)
10. Dutlova E. The history of the construction of the Kremlin Palace of Congresses (the State Kremlin Palace) https://www.icomos.org/public/risk/2007/pdf/Soviet_Heritage_37_V-7_Dutlova.pdf (accessed: 01.03.2023).

Сведения об авторе:

М.Т. Ногайбекова – старший преподаватель, Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, ул. К. Сатпаева, 28, Тараз, Казахстан.

М.Т. Ногайбекова – аға оқытушы, М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Қ. Сәтпаев к., 28, Тараз, Қазақстан.

M. Nogaibekova – Senior Lecturer, M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, 28 K. Satpayev Str., Taraz, Kazakhstan.

А.А. Абдилдаева, Д.С. Жыйлысова*, Ғ.С. Назар

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: *zhylyssovadiana@gmail.com

Интеллектуалды виртуалды кеңесшіні әзірлеуге арналған дауысты тану әдістері

Аңдатпа. Бұл мақалада бизнес-процестің ақпараттық жүйелерімен, дәлірек айтқанда ERP жүйесімен жұмыс істеу кезінде көмекші құрал ретінде маңызды рөл атқаратын интеллектуалды виртуалды кеңесшіні дамыту үшін дауысты тану әдістері мен модульдері зерттелді. Бұл зерттеу имитацияланған кәсіпорын ресурстарын жоспарлау (ERP) бизнес-процесінің бағдарламалық қамтамасыз ету жүйесінде нақты функцияларды пайдаланудың пайдалылығы мен тиімділігін бағалауда интеллектуалды виртуалды кеңесшіні сипаттауға арналған. Интеллектуалды виртуалды кеңесші Web-ERP прототипімен біріктірілген. Бұл зерттеуде табиғи тілді өңдеу (NLP) негізге алынды, Мел жиілігінің кепстральды коэффициенттері алгоритмімен Левенберг МакВадт (LM) және Бройден-Флетчер Голдварб-Шанно (BFGS) әдістері қолданылды. Қолданылған әдістердің тиімділігін анықтау үшін де осы әдістерге салыстырмалы талдау жасалды. Бұл виртуалды кеңесшінің үлкен артықшылығы – Web-ERP жүйесінде жұмыс істеу кезінде ұзақ мәтіндік деректер өрістерін дауыспен енгізу. Бұл жүйе өзекті болып табылады, өйткені ол бизнестің жұмыс процестерін іздеуді айтарлықтай кеңейтеді. Жүйе ақпараттық жүйе (АЖ) нұсқауларын алу арқылы сөйлеуді мәтінге түрлендіруге мүмкіндік береді, олар өз кезегінде онтологиялық деректер қорына беріледі, онда орындау үшін қол жетімді командалар жинағын алу үшін терминге негізделген сұрау орындалады. Интеллектуалды виртуалды кеңесшіні енгізу пайдаланушыларды жүйе арқылы қолданбаның мүмкіндіктерін кеңейтіп қана қоймайды, сонымен қатар пайдаланушыларға сөйлеу синтезі арқылы деректерді түсіндіруге мүмкіндік береді. Бұл прототип интеллектуалды виртуалды кеңесші мен деректерді талдауды біріктіру бойынша әрі қарай зерттеулер үшін пайдаланылады.

Түйін сөздер: интеллектуалды виртуалды кеңесші, дауысты тану, дауысты басқару, онтологиялық деректер қоры, бизнес-процестер, ERP.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-104-117

Кіріспе

Бүгінгі таңда Amazon Alexa немесе Google Assistant сияқты дауысты басқару үшін интеллектуалды виртуалды көмекшілерді пайдалану көрсеткіші айтарлықтай өсуде және дауыстық өзара әрекеттесу бизнес контекстіндегі жұмыс процестеріне қатысты көп пайдаланылуда. Ақпараттық жүйелер жағдайында көптеген ұйымдар мен кәсіпорындар кәсіпорынның қызмет ету саласына қарамастан, ақпараттық жүйелер қолданылатын өте динамикалық және ең күрделі ортада жұмыс істейді. Осыған байланысты ақпараттық

жүйелермен жұмыс істеу кезінде виртуалды кеңесшілер ретінде көмекші құрылғылар қажет болды. Дауыстық пәрмендер және сөйлеу синтезі қолданбалардағы пайдаланушының өзара әрекеттесу деңгейін арттырады.

Интеллектуалды виртуалды кеңесшілер әдетте веб-сайттар немесе мобильді қолданбалар арқылы орындалатын мәтін арқылы адам мен пайдаланушы әрекеттесуін модельдеу үшін табиғи тілді пайдаланады. Екінші жағынан, дауысты роботтар сөйлеуді тану технологиясы арқылы табиғи тіл командаларын түсінеді. Осы күнге дейін дауысты басқару үшін интеллектуалды виртуалды кеңесшілерді пайдалану бизнес контекстіндегі жұмыс процестері үшін өте өзекті. Дауыстық пәрмендер және сөйлеу синтезі деп аталатындар қолданушының қолданбамен әрекеттесу деңгейін айтарлықтай арттыра алады. Бұл зерттеу жұмысы кәсіпорын ресурстарын (ERP) оңтайлы жоспарлау мақсатында бизнес-процестермен жұмыс істейтін бағдарламалық өнімнің имитацияланған жүйесінде пайдалану тиімділігі мен пайдалылығын бағалауда интеллектуалды виртуалды кеңесшінің сипаттамалары мен негізгі функцияларын анықтауға арналған.

Қазіргі уақытта ұйымдар мен кәсіпорындардың көпшілігі кәсіпорынның қызмет ету саласына қарамастан, ақпараттық жүйелер қолданылатын өте динамикалық және ең күрделі ортада жұмыс істейді. Осыған байланысты ақпараттық жүйелермен жұмыс істегенде көмекші құрылғылардың қажеттілігі туындады. Бұл көмекші құрылғылар кәсіпорындағы бизнес-процестердің тиімділігі мен өнімділігін арттыруы мүмкін. Оларды кәсіпкерлік деңгейінде бәсекеге қабілеттіліктің жоғары деңгейіне жеткізу басты мақсат [1]. Интеллектуалды кеңесшілердің жұмысының категориялық өнімділігі дауыстық командаларға байланысты. Интеллектуалды виртуалды кеңесшілер технологиясын пайдалана отырып, негізгі функцияларды орындауға болады.

Жұмыста онтологиялық компонентке қатысты қабылданған тәсілді талдау және көрсету жүзеге асырылды, онтологиялық архитектура анықталды, онда бүкіл ERP жүйесі, атап айтқанда, оның барлық мәзірлері, функциялары мен өрнектері көрсетіледі. Бұл онтологиялық жүйелеу ERP-ге тән терминологияларды каталогтауға, сондай-ақ өрнектер мен байланысты функциялардың синонимдерін атрибуциялауға және анықтауға мүмкіндік береді.

Осы мақалада қолданылатын технологиялардың тиімділігіндегі жылдам прогресс және олардың комбинациясы өнімділікті арттыруға мүмкіндік беретін ықтимал күрделі жүйелермен пайдаланушының табиғи және жылдам әрекеттесу мүмкіндігін тудырады.

Осы зерттеу барысында нейрондық желінің жобалық құрылымы кері таралудың әртүрлі алгоритмдерімен көпқабатты алға бағытталған нейрондық желіні оқыту кезінде анықтау дәлдігін бақылайтыны анықталды. Messenger ботының API дебютінен бері Facebook олардың жасаңды интеллект (AI) боттарының 70% шығу жылдамдығы бар екенін хабарлады. Мысалы, олар нақты сұрақтарға нақты жауап бермейді. Бұл мақаланың мақсаты – пайдаланушылардың күнделікті өмірін жеңілдететін WEB-ERP жүйесінің жұмысы негізінде интеллектуалды виртуалды кеңесші әзірлеу [10].

Қ. Асмағанбетова, Ж. Отарбай, А. Түгінбеков өз еңбектерінде кәсіпорында бизнес-процестерді басқарудың цифрлық технологияларының моделін ұсынды. Осы модельдің көмегімен кәсіпорын ресурстарын пайдалану кезінде деректерді синхрондауға және орталықтандыруға болатындығын дәлелдеген [2]. Технологиялар деп аталатын, дәлірек айтқанда, интеллектуалды виртуалды кеңесшілер негізінде жұмыс істейтін кәсіпорындарда бизнес-процестердің тиімділігін арттыру жолдары көрсетілген. Rotimi-Williams Bello , Auwal Shehu Ali , Daniel Adebisi Olubummo виртуалды кеңесшілерді технологиялық инновациялар түрінде көрсетті. Бұл бизнес басшылары мен қызметкерлерін стресс пен ақпараттың жоғалуынан құтқара алады деген тұжырымға келген. Бұл жұмыста дауыстық және мәтіндік интерфейстің байланысын егжей-тегжейлі сипатталған [3]. Daniel Hüsson and Alexander Holland өздерінің зерттеу жұмыстарында бизнес-процестермен жұмыс істеу кезінде интеллектуалды виртуалды кеңесшілерді пайдаланудың маңыздылығы туралы жазады. Олар интеллектуалды виртуалды кеңесшінің прототипін келесі үш көрсеткіш

бойынша бағалады іздеу, түсіндіру, және вирустық кеңесшінің функционалдығы. Қорытындылай келе, бизнес-процестердің нәтижелерін салыстыра отырып, өзгерістер бар деген қорытындыға келді [4, 5]. Даниэль Хюссон, Rocío Arteaga Sánchez, Madjid Fathi, Alexander Holland жасанды интеллект пен интеллектуалды виртуалды кеңесшілердің өзара байланысы өте тығыз деп жазады. Интеллектуалды виртуалды кеңесшілердің қабілетін жасанды интеллект жетілдіреді және толықтырады. Жасанды интеллекттің көмегімен кез-келген дауыстық командаларды орындау кезінде оңтайландыру процестері жасалады. Орташа алғанда, жасанды интеллект пен интеллектуалды виртуалды кеңесшілердің мүмкіндіктері 31% – дан астам үнемдеу әлеуетіне ие. Бұл осы ерекшеліктердің маңыздылығын және қазіргі бизнес-процестерді модельдеу кезінде оларды ескеру қажеттілігін көрсетеді [6].

Зерттеу әдістері

Клиенттерге қызмет көрсету сапасын жақсарту және олармен өзара әрекеттесуді автоматтандыру үшін Интеллектуалды виртуалды кеңесшілер құрғысы келетін көптеген компаниялар көптеген қиындықтарға тап болады, олардың көпшілігі барлық бизнес талаптарын қанағаттандыра алатын жасанды интеллект (AI) көмегімен кеңесші құрудың қиындығына байланысты.

Бүгінгі бағдарламалық жасақтама нарығында интеллектуалды виртуалды кеңесшілерді іске асыратын жобалар, әдетте, ақырында алтын мәртебеге жететін бір реттік жағдайдан басталады. Бірақ жаңа пайдалану жағдайлары дамыған сайын проблемалар пайда бола бастайды. Атап айтқанда: оқу деректер жинағының өсуі және ниеттерді анықтаудан туындайтын қақтығыстар, АТ жүйелерімен интеграция және виртуалды кеңесшіні оқыту процесін жеңуте көмектеспейтін ағымдағы шешімдердің қолайлылығы.

Интеллектуалды виртуалды кеңесшінің жұмысында орындалатын алғашқы әрекет-айтылған сөздерді қабылдау, сөздерді айтқаннан кейін оларды мәтінге айналдыру керек. Мәтінге түрлендірілгеннен кейін жасанды интеллект алгоритмдерін қолдану арқылы команданың ниетін анықтай алу қабілетін болуы керек. Келесі қадам-қабілетті растау біздің интеллектуалды виртуалды кеңесшіміздің алдыңғы қадамда жасалған команданың орындалу ниетіне жауап беруі. Пайдаланушы командаларына кейбір жауаптар белгілі бір жүйелік командаларды орындауы керек делік, ал жауаптың басқа түрі басқа қолданбалы бағдарламалау интерфейсінен ақпарат алу түрінде көрінеді. Мысалы, белгілі бір қосымшадан өткен айдағы жалақы туралы есеп алу. Интеллектуалды виртуалды кеңесші деректер қорында бар сөздер негізінде жауап береді. Егер интеллектуалды кеңесші бұған тым сенімді болмаса, ол Пайдаланушыдан айтылған сөздерді басқа түрде қайталауды сұрайды. Ақырында, интеллектуалды виртуалды кеңесші қандай әрекет жасап жатқанын көрсету үшін дауыспен немесе қажет болған жағдайда мәтінмен жауап береді.

Интеллектуалды виртуалды кеңесші-бұл тапсырмаларды орындайтын, қызмет көрсететін немесе пайдаланушының командаларына немесе сұрауларына жауап ретінде әрекеттерді бастайтын бағдарламалық жасақтама. Ол адамдармен диалогты сақтау үшін табиғи тілді өңдеуді (NLP) қолданады. Жасанды интеллект интеллектуалды виртуалды кеңесші жүйесінің технологиясының негізінде жатыр. Бұл қажетті нәтижеге жету үшін талқылау қарқыны мен тақырыптарына әсер етеді. Интеллектуалды виртуалды кеңесші жүйесінің жалпы өзара әрекеттесу архитектурасы 1-суретте көрсетілген. Бастау үшін жүйе пайдаланушы енгізген мәтінді алады және сәйкес жауапты анықтау үшін оны өзінде арнайы дайындалған дерекқорымен салыстырады. Жүйе оны тапқаннан кейін орташа құрылығға дұрыс мәтіндік шығуды жібереді. Нәтижесінде ең күрделі элемент-нақты мәнді анықтау арқылы, жауап қайтару процесі іске асырылады.



Сурет 1. Web-ERP интеграцияланған интеллектуалды виртуалды кеңесшінің жұмыс істеу архитектурасы

Ұсынылған тәсілдің әртүрлі бөліктері үшін қарастырылған әртүрлі шешімдерге сәйкес, үш негізгі бөлікті біріктіретін құрылым командалар арасында талқыланды және тартылған клиенттермен бекітілді. Бастапқыда клиенттің ERP жүйесінде жарамды дауыстық пәрменді анықтайтын триггер орнатылады, содан кейін ол мәгіндік пәрменге түрлендіру үшін түсіндіріледі және өңделеді. Келесі орныдалатын әрекет, алынған мәгін семантикалық түрде тексеріліп, онтологиялық деректер қорымен салыстырылады, егер сәтті болса, ERP үшін жарамды пәрменді оның қазіргі контекстінде қайтарады. Сонымен, ұсынылған құрылым (1-сурет) үш модульдің көмегімен егжей-тегжейлі сипатталған:

- 1) дауыстық белсенділікті анықтау модулі;
- 2) сөйлеуді тану модулі
- 3) онтологиялық модель.

Іске асырылған Модульдер қолданыстағы фондық шу негізінен жұмысшылар және / немесе үй ішінде орналасқан құрылғылар шығаратын дыбыстарға дейін азайтылатын кеңсе ортасында қолдануға арналған қосымшаны әзірлеуге бағытталған. Демек, браузер түсірген аудио сигнал (микрофон кірісі) қолданба пайдаланушысының мәлімдемелерін ғана емес, сонымен қатар бар фондық шуды да қамтиды. Мұндай жағдайларда және сөйлеуді өңдеу алгоритмдері үшін диапазондағы шу деңгейін ескере отырып, сөйлеу бөліктеріне арналған кіріс аудио сигналын талдау үшін кедергіге төзімді алдын ала өңдеу модулін қосқан жөн.

Интеллектуалды виртуалды кеңесші адамдар қолмен анықтайтын көптеген сөз тіркестерінің деректері негізінде оқытылған табиғи тілді өңдеу жүйесін (NLP), машиналық оқытуды (ML) пайдаланады. Мұны «сөйлеуді мәтінге айналдыру» деп атауға болады (Speech-To-Text). Дауысты жазу және оны электр сигналына айналдыру үшін әлі де микрофон қажет болады. ML сәйкестік тапқанша әр фразаның акустикасын салыстырады, содан кейін берілген толық материал негізінде дұрыс сөзді болжау үшін фонемаларды NLP-ге мәтін ретінде жібереді.

Идея-белгілі бір сөзбен немесе түймені басу арқылы іске қосылатын бағдарламалық жасақтаманы құру, бұл мақалада интеллектуалды виртуалды кеңесшіні инициализациялау

үшін батырманы басу іс-әрекеті арқылы іске асады. Осы батырманы басқаннан кейін тыңдау процесі басталады және кеңесші пайдаланушының айтқанын тыңдай бастайды, айтылғандарды бағалайды, содан кейін тиісті әрекеттерді орындайды. Ақырында, ол қабылданған әрекетті тұжырымдау арқылы жауап береді немесе команданы түсінбегенін қайтарады. Жаңа модель жасау үшін mL триггер сөзін анықтау моделін пайдалануға болады. Осы мақсатқа жетудің қолайлы әдісі – сөздің дыбысын жазбадан шыққан дыбыспен салыстыру, бірақ бұл сөзді сүзу және орналастыру үшін NLP моделімен жұптастырылған Speech-To-Text моделін қолдану арқылы да жасалуы мүмкін. Сәтті модель деректердің алуан түрлілігін қажет етеді және деректер жиынтығын белгілі бір қолданбаға сәйкес сүзіп, сәтсіз, қайталанатын сөздер мен артық сөз тіркестерін жою керек. Сонымен қатар, бұл жұмыс оқу үшін қажетті деректердің үлкен көлеміне байланысты күрделі болып келеді [8].

Жүйе іске қосылған кезде ол айтылған сөздерді жазуды бастайды және пайдаланушы тоқтаған кезде айтылған сөздерді жазуды тоқтатады, содан кейін жазбаны Python бағдарламалау тілі арқылы жасалған 2-суретте көрсетілгендей мәтінге сөйлеу үлгісіне жібереді. Speech-To-Text моделі NLP, жасырын Марков моделі және ұзақ, қысқа мерзімді жады (LSTM) бар нейрондық желіге негізделген. Google Web Speech API таңдалуының себебі-жүйеге тіркелмей-ақ немесе API кілтін алмай-ақ пайдалану мүмкіндігі. Ол шамамен 120 тілде жұмыс істей алады, бірақ күніне тек 50 мәтіннен мәтінге түрлендірумен шектеледі, бұл көрсеткіш интеллектуалды виртуалды көмекшіні құру жұмысында жеткілікті.



Сурет 2. Сөйлеуді Python арқылы түрлендіру

Онтологиялық компонент (немесе онтологиялық деңгей) – бұл ERP семантикалық дисплеймен байланысты барлық процесті қамтитын дамыған модуль және оны компанияларға енгізу әрқашан компания жұмыс істейтін контекспен байланысты. Осылайша, компанияны сипаттайтын нәрсе, ең алдымен, ұйымдық контексті, сондай-ақ компанияны сипаттайтын қызмет секторын анықтау және талдау қажет. Осыдан кейін компанияның ішкі процестерін, әр бөлімде орындалатын құжатталған әрекеттер мен тапсырмаларды және оларды орындайтын орындаушыларды талдауға назар аудару керек [9].

Әрі қарай, осы онтологиялық дерекқорды визуализация құралына біріктіруге кірісеміз, онда мүдделі тараптар сүзгілерді қолдана алады, дерекқорды өңдей алады немесе пайдаланушыға ыңғайлы түрде жаңа терминология мен қатынастарды қоса алады.

Орындалған оқытудан кейін NLP моделі және рекуррентті нейрондық желі (RNN) арқасында күшті мағынаға ие болады. Бұл жағдайда RNN қолданудың артықшылығы-бұл фраздағы барлық терминдердің өзара тәуелділігін ескереді. Сөз тіркестеріндегі сөздердің реттілігі мағынаға немесе мақсатқа әсер етуі мүмкін болғандықтан, сөйлемнің мағынасын шығару өте маңызды. Құрастырылып жатқан интеллектуалды виртуалды кеңесшіні пайдалану оңай. Кез келген қолданбалы бағдарламалау интерфейсін (API) пайдалану үшін сценарий сұрау жіберуі немесе API-ден жауап алуы керек. Дегенмен, екі операция да дұрыс жұмыс істеуі үшін біраз дайындықты қажет етеді. Сәтті сұраудан кейін интеллектуалды виртуалды кеңесші жауапты қайтарады. Бұл жауап әдетте JSON форматында келеді, сондықтан оны сүзу керек, өйткені онда көптеген қажет емес ақпарат бар, оларды сүзу және жою қажет. Сүзуден кейін сценарий шешім қабылдау үшін пайдаланатын ақпаратты алады.

Mel-жиілікті кепстральды коэффициенттері (MFCC)

Сөйлеуді автоматты түрде танудың кез-келген жүйесіндегі бастапқы кезең-фондық шу, эмоциялар және т.б. сияқты барлық нәрсені елемей, лингвистикалық мазмұнды анықтауға пайдалы белгілерді шығару немесе аудио сигнал компоненттерін анықтау болып табылады. Сөйлеу туралы есте сақтау керек ең маңызды нәрсе – тіл мен тістерді қамтитын дауыс трактінің пішіні адам шығаратын дыбыстарды сүзеді. Пайда болған дыбыс осы формамен анықталады. **Mel-жиілікті кепстральды коэффициенті (MFCC)** дауыс жолының өзгерісін көрсетеді. Төмен жиілікті Кепстраль коэффициентін адам дауысының айрықша қасиеттерін алу үшін пайдалануға болады, сонымен қатар MFCC адам дауысының қысқа мерзімді қуат спектрін білдіреді. Mel жиілікті-кепстральды коэффициент сызықтық емес жиілік шкаласында логарифмдік қуат спектрінің сызықтық косинустық түрленуіне негізделген жиілік кепстралын сипаттайтын коэффициенттерді алу үшін қолданылады. Mel шкаласы адам дауысын дәлірек жақындатады, өйткені жиілік жолақтары біркелкі орналасқан. Жиілігі Mel жиілік кепстралы Mel шкаласы бойынша біркелкі бөлінеді және бұл жиілік 1000 Гц-тен төмен Mel шкаласының мәндерін сызықтық түрде бөлу және сызықтық кеңістіктік сүзгілерді қолдана отырып, 1000 Гц-тен жоғары mel шкаласындағы сигналдың логарифмдік қуатын анықтау үшін қолданылады. Бор жиілігін беру дауысты жақсы көрсету үшін пайдалы [14]. Үлгіні оқыту және үлгілерді салыстыру процесінде екі маңызды элемент болып табылады.

Онтологиялық деректер базасында Web-ERP-ге қатысты барлық ақпарат, өрнек және функционалдылық бар. Бұл процесс іздеу жүйесін оңтайландыруға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, дауыстық команданың дұрыс орындалуына кепілдік береді. Бұл әдіс интеллектуалды виртуалды кеңесшінің жұмысы кезінде дауыстық командалардың қайталануына жол бермейді.

Офлайн режимде жұмыс істейтін Компонент ERP-де бар барлық контекстің онтологиялық көрінісіне қатысты. Онтологиялық картаға түсіру үшін орындалатын Процесс сөйлеуді тану модуліне байланысты. «Сөйлеуді мәтінге айналдыруды» қол жетімді ететін өрнектер мен сөздердің генерациясын ескере отырып, сол өрнектер оларды бірқатар синонимдермен байланыстыра отырып салыстырылады. Картаға түсіру иерархиялық түрде жүзеге асырылады, яғни бір мәзірдегі барлық өрнектер ортақ командаларға қол жеткізе алатындығына көз жеткізу үшін маңызды.

Онтологиялық деректер қорында бүкіл ERP интерфейсі, атап айтқанда оның мәзірі, әр мәзірдегі бар функциялар және тіпті әр функция парағында көрсетілген өрнектер көрсетіледі. Бір мағынада әр түрлі сөздерді қолдануды жеңу және осы картаны жасау үшін ERP-де бар өрнектердің әрқайсысына синонимдер жиынтығын қосу қажет болды. Бұл іздеу жүйесін оңтайландыруға мүмкіндік береді және дауыстық пәрмен арқылы қандай іздеу жүргізілсе де, нәтиже дұрыс қайтарылатынына кепілдік береді. Бір жағынан, бұл әдіс дәл осындай атаумен өрнектердің орындалуын болдырмайды, ал екінші жағынан әр команданың жақсы және жылдам орындалуын қамтамасыз етеді. Осылайша, мұнда ұсынылған мақсат-соңғы пайдаланушыға дауыстық командалар арқылы пішіндерді іздеуге және толтыруға мүмкіндік беретін ERP-ге біріктірілген виртуалды кеңесшіні әзірлеу.

Берілген жұмыста ұсынылған онтологиялық деректер қоры өте ерекше сипаттамаларға ие, өйткені ол тіл мен нұсқаның тіркесуі арқылы деректер базасын ұйымдастыруға арналған. Сонымен қатар, осы деректер базасының әрқайсысы келесі түйіндері бар иерархиялық құрылымға ие болуы керек: Модуль (бет); функционалдылық; өрнектер мен синонимдер. Онтологиялық деректер қорының осы құрылымдық ерекшеліктерінен басқа, түйіндер Name, ID, commandId сияқты 3-суретте сипатталған қасиеттерден немесе атрибуттардан тұрады (бұл сценарийге немесе url мекен-жайы арқылы ERP-ге бағыттауға арналған).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Name	Id	CommandID											
2	ведение графиков работы и отпусков;	введение граф	https://demo.promease.ru/source/mapping/340											
3	ведение штатного расписания;	введение штат	https://demo.promease.ru/source/mapping/34											
4	выставить коммерческое предложение	выставить номер	https://demo.promease.ru/source/mapping/370											
5	задать правила продажи	задать правила	https://demo.promease.ru/source/mapping/314											
6	корректировка и закрытие заказов	корректировка и	https://demo.promease.ru/source/mapping/301											
7	поставщикам;	корректировка посту	https://demo.promease.ru/source/mapping/45											
8	корректировка поступлений и возвраты	мониторинг	https://demo.promease.ru/source/mapping/45											
9	поставщикам.	мониторинг	https://demo.promease.ru/source/mapping/45											
10	мониторинг цен поставщиков;	мониторинг	https://demo.promease.ru/source/mapping/78											
11	организация доставки товаров;	организовать дост	https://demo.promease.ru/source/mapping/148											
12	организация взаимной финансовой торговли	отражение	https://demo.promease.ru/source/mapping/337											
13	отправить операцию отгрузки товаров	отправить опер	https://demo.promease.ru/source/mapping/348											
14	клиенту;	отправить опер	https://demo.promease.ru/source/mapping/348											
15	отправить потребности клиентов в покупке	отправить потреб	https://demo.promease.ru/source/mapping/352											
16	товаров, в услуге;	оформить возврат	https://demo.promease.ru/source/mapping/357											
17	оформить возврат товаров от клиента.	оформить коррект	https://demo.promease.ru/source/mapping/368											
18	оформить корректировку реализации;	оформление постав	https://demo.promease.ru/source/mapping/3278											
19	оформление поставки товаров;	оформление прием	https://demo.promease.ru/source/mapping/458											
20	оформление приемов, переводов;	подбор постав	https://demo.promease.ru/source/mapping/3784											
21	успешный сотрудничество;													
22	подбор поставщиков товаров;													

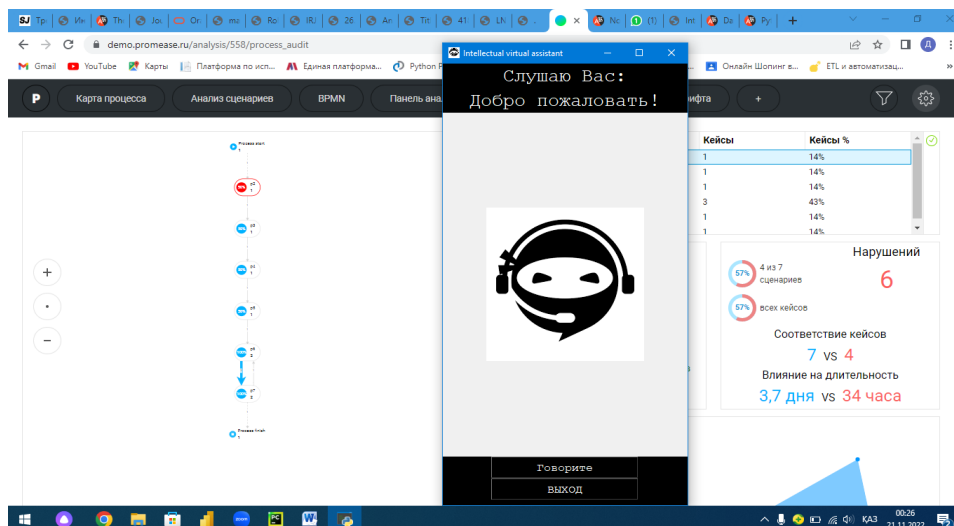
Сурет 3. Онтологиялық деректер қорының қасиеттерінің сипаттамасы

Зерттеу нәтижелері

Іске асыруға кіріспес бұрын бағдарламалық жасақтаманы 5 негізгі бөлікке бөлеміз. Бірінші бөлім – «іске қосу», интеллектуалды виртуалды кеңесшіні пайдаланушы интеллектуалды виртуалды кеңесшіні іске қосу үшін түймені басқаннан кейін іске қосылады. Екінші бөлім – «сөйлеуді мәтінге айналдыру», интеллектуалды виртуалды кеңесші пайдаланушының айтқанын жаза бастайды, содан кейін оны мәтінге айналдырады. Үшінші бөлім – «ниетті тану», ол келесі қадамға өтуді анықтауға тырысады. Әйтпесе, кеңесші пайдаланушыдан мұны тағы бір рет қайталап, сөйлеуді мәтінге түрлендіруге оралуын сұрайды. Төртінші бөлім – «өңдеу және орындау», онда тиісті әрекеттерді жасалады, яғни, сұралған нәрсенің ниетіне сүйене отырып онтологиялық деректер қорын пайдалану. Әйтпесе, кеңесші пайдаланушыға тиісті әрекетті орындай алмағанын хабарлайды. Соңғы бөлім – «мәтіннен сөйлеуге түрлендіру», осы кезеңде интеллектуалды виртуалды кеңесші сұрауға жауап береді.

Web-ERP өзі (4-сурет) орыс тілінде жұмыс істейтін ортаға арнайы жасалған. Барлық командалар мен орындалатын функциялар орыс тілінде, өйткені дамыған интеллектуалды виртуалды кеңесші орыс тілінде сөйлеуді тануға үйретілген. Процесті енгізу кезінде бірінші қадам-«сөйлеуді мәтінге айналдыру» контекстінде пайдаланушы айтқан сөздерді жазу және тану, мәтінді сөйлеуге түрлендіру арқылы пайдаланушымен өзара әрекеттесу үшін қажетті әдісті табу [9].

Танылған мазмұнды интерпретациялау web-ERP-ге енгізілген, ол форманы немесе есептерді ашумен өзара әрекеттеседі және пайдаланушының өзара әрекеттесуін қамтамасыз етеді. Іс-шарада орнатылған белгілі бір тыныштық уақытынан кейін тану автоматты түрде тоқтатылады. Осы кідірістен кейін жұмысты жалғастыру кілт-триггер сөздер немесе интеллектуалды виртуалды кеңесшідегі Белсендіру түймесін басу арқылы жүзеге асырылады.

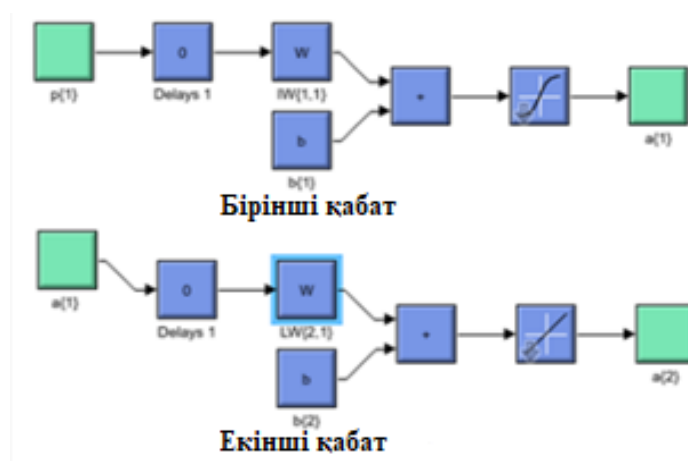


Сурет 4. Web-ERP-ға интеграцияланған интеллектуалды виртуалды кеңесші

Ақырында, жауап беру үшін Интеллектуалды виртуалды кеңесші мәтінді сөйлеуге айналдыруы керек еді, ол үшін біз кеңесшіге сәтті сөйлеуге мүмкіндік беретін Text-To-speech API қолдандық.

Осы жұмыстың нәтижесінде интеллектуалды виртуалды кеңесші сұраныстардың онтологиялық дерекқорында орналасқан кілт сөздерді анықтауды белсендірудің жақсы дәлдігіне ие. Осыған сүйене отырып, біз белсендіру дәлдігін кем дегенде 80% деңгейіне жақындаттық. Speech-To-Text дәлдігі төменірек екені анық. Оқу кезінде ниетті тану, сонымен қатар, бағдарлама әдеттегідей жұмыс істеп тұрған кезде модельді оқыту мүмкіндігінің арқасында жоғары болды. Өңдеу, әрекет ету және жауап беру 90% жұмыс істейді.

Төменде web-ERP жүйесінің пайдаланушылары сөйлейтін деректер базасының негізгі сипаттамалары, бір сөйлемді оқу сеансы және жеке сөйлеу сипаттамаларын зерттеуге өте ыңғайлы салыстырмалы түрде үлкен сөйлеу үлгілері келтірілген. 5-суретте әртүрлі MFCC коэффициенттері және екі қабатты нейрондық тікелей байланыс желісі көрсетілген. Деректер қорында 50 спикер, 20 әйел және 30 ер адам бар.

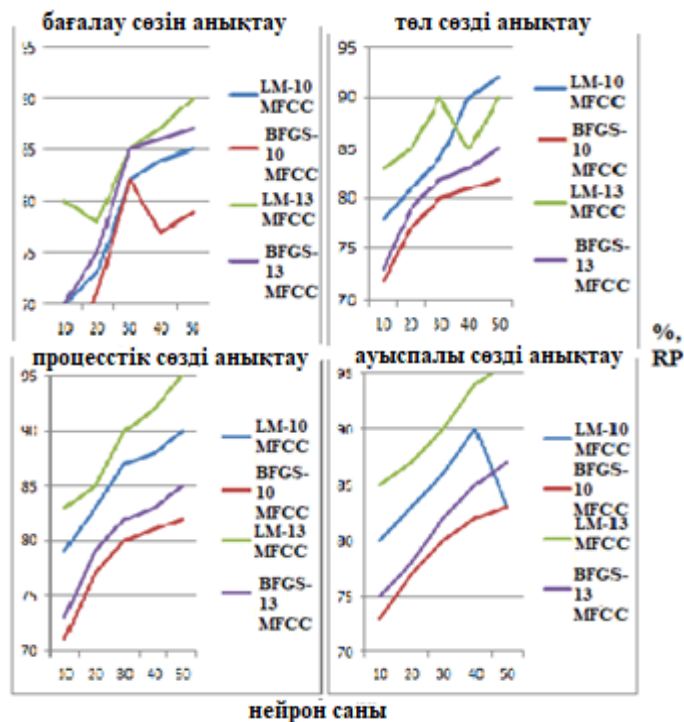


Сурет 5. Екі қабатты нейрондық тікелей байланыс желісінің құрылымы

Жазба оқыту (70%), тексеру (15%) және тестілеу (15%) бөлімдеріне бөлінді. Сонымен қатар, Левенберг-Марквардт (LM) оқыту процесі, Байес регуляризациясы, квази-ньютондық серпімді кері (BFGS) таралуы және масштабталған конъюгат градиенті үшін алгоритмдер

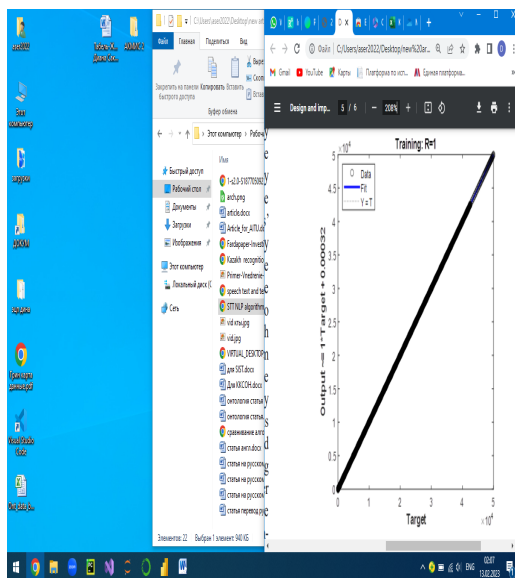
жиынтығы қолданылады. 6-суретте әртүрлі оқу алгоритмдері бар 10 MFCC коэффициенті үшін нейрондар санына байланысты тану пайызы (RP%) көрсетілген. Сонымен қатар, 6-суретте әртүрлі оқу алгоритмдерінің желілері бар 13 MFCC коэффициенті үшін нейрондар санына байланысты тану пайызы (RP%) көрсетілген.

6-суреттен көріп отырғанымыздай, ақпараттық жүйеге қатысты барлық сөздерді танудың ең жоғары пайызы 13 MFCC коэффициенті бар Левенберг-Марквардт LM оқыту алгоритміне негізделген.



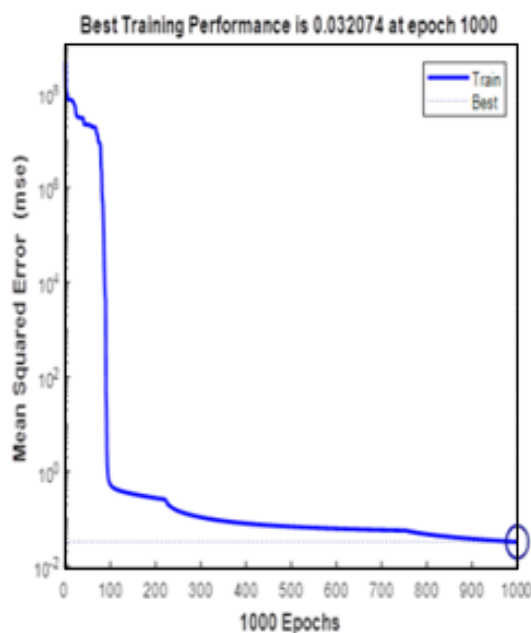
Сурет 6. Нейрондардың санына және MFCC коэффициенттері қатынасындағы тану көрсеткіші (%)

7-суретте нейрондық желілердің жасырын қабатында 50 нейроны бар Левенберг-Марквардт (LM) мақсатты және нақты деректер арасындағы жоғары өнімді корреляция көрсетілген.



Сурет 7. Левенберга-Макрвадта (LM) әдісі негізіндегі мақсатты және нақты деректер арасынағы тану көрсеткіші

8-суретте нейрондық желі оқытылған кезде оқу деректеріндегі қателіктердің азаюы көрсетілген.



Сурет 8. Нейрондық желіні оқыту кезіндегі қателіктердің азаюы

Тапсырыс берушінің қажеттіліктерінің толық сәйкес келуін қамтамасыз ету үшін әзірленген прототипке эксперименттер жүргізілді. Бұл эксперимент Еңбек ресурстарын (персоналды) қамтамасыз ету жөніндегі өзге де қызметпен айналысатын «Management» ЖШС қызметкерлері онтологиялық деректер қорында сұрау салуларды тестілеу үшін іріктеліп алынған нақты жағдайға жақын жағдайларда өткізілді. Эксперимент нәтижесінде жауап беру уақытының сапасын және пайдаланушыға қайтарылатын ақпараттың сапасын бағалауға мүмкіндік берді.

Алдын ала жиналған командалар жиынтығымен айтылған дыбысты немесе команда сәйкес келсе, генерация жүргізіліп интеллектуалды виртуалды көмекші жауап қайтарады. Егер пайдаланушы пәрменді орындау үшін толық ақпаратты айтпаса, онда экранда «Қайталайыңыз, сіз айтқан команда табылмады!» виртуалды кеңесшінің дауысымен сүйемелдеу арқылы шығып тұрады.

Егер пайдаланушы айтқан команда дұрыс болса және алдын-ала жиналған командалар жиынтығына сәйкес келсе, виртуалды кеңесші сұралған командаға жауап береді және орындайды. Бірдей кілт сөздері бар командалар ортақ команда ретінде қарастырылуы мүмкін. Мұндай жағдайларда онтологиялық деректер қоры орындалатын команданы анықтауға көмектеседі. Осыған байланысты сөздердің синонимдерін қосу қажеттілігі туындады.

Интеллектуалды виртуалды кеңесшінің жұмысын тексеру кезінде онтологиялық әдісті қолдана отырып, келесі нәтижелер анықталды, жауап беру уақыты мен ақпарат сапасы 85%-ға жақсарды.

Қорытынды

Осы зерттеу аясында бизнес-процестердің жұмысы үшін сөйлеуді тану алгоритмдеріне талдау жасалды. Нәтижелер бизнес-процестермен жұмыс істеу кезінде web-ERP негізінде жұмыс істейтін интеллектуалды виртуалды кеңесшінің интеграциясы үлкен маңызға ие екенін көрсетті. ERP жүйесі бизнес-процестердің жұмысын оңтайландыру және автоматтандыру контекстіндегі ең қызықты және озық инновациялық технология болып табылады. Зерттеу нәтижесінде интеллектуалды виртуалды кеңесшіні онтологиялық модульмен интеграциялау кезінде кеңесші орындайтын сұраныстарды оңтайландыру мүмкіндігі бар екендігі анықталды. Дауысты мәтінге түрлендіру кезінде термин онтологиялық деректер қорына сұраныс жібереді. Осы сұрауға сәйкес ERP жүйесінің тиісті функционалдығы орындалады. Нәтижесінде онтологиялық деректер қорымен біріктірілген дауысты командалар түрінде танитын интеллектуалды виртуалды кеңесшінің жұмыс архитектурасы жасалды. Feedforward жіктеу мақсаттары үшін тікелей байланысқан нейрондық желі оқытылды және белгілерді ажырату үшін Mel-жиілік кепстарльды коэффициенттері, сондай-ақ Левенберг-Макрвадт (LM) және Бройден-Флетчер-Голдварб-Шанно (BFGS) әдістері қолданылды. Өнімділікке негізделген ең жақсы тану көрсеткіші (%) жасырын қабатта тікелей байланысқан 50 нейроннан тұратын екі қабатты Mel-жиілік кепстральды алгоритмінің 13 коэффициенті екені анықталды. Онтологиялық дерекқормен интеграцияның арқасында жауап беру уақыты 85%-ға жақсарса, дауыстық командаға арналған ақпарат сапасы 95% арақатынасына ие болды.

Жоғары өнімділік үшін командалар түрінде дауысты тану әдістері мен алгоритмдеріне негізделген Python бағдарламалау тілін қолдана отырып, интеллектуалды виртуалды кеңесші жасалды. Әзірленген кеңесші орта және шағын бизнес кәсіпорындарының жұмысын жақсартады.

Бұл зерттеу жұмысы дауысты танудың дамуын зерттеуге ниетті болашақ зерттеушілерге динамикалық ақпараттық жүйелердегі бизнес-процестердің жұмысын оңтайландыру және автоматтандыру контекстінде де пайдалы болуы мүмкін.

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Tiago F. Pereiraa, Arthur Mattaa , Carlos M. Mayeaa , Frederico Pereiraa , Nelson Monroyb , João Jorgeb , Tiago Rosab , Carlos E. Salgadoa , Ana Limaa , Ricardo J. Machadoc , Luís M. , Telmo A. , Miguel Ángel G. L. , Dibet G. G. A web-based Voice Interaction framework proposal for enhancing Information Systems user experience // Procedia Computer Science, -2022 .- 196. P. 235–244
2. Asmaganbetova K., Otarbay Zh., Turginbekov A. Development of innovative digital technologies for enterprise management // Journal AITU. – 2022. – 11 volume. P. 61-73. DOI: <https://doi.org/10.37943/KNWA6376>

3. Rotimi-Williams Bello, Auwal Shehu Ali, Daniel Adebisi Olubummo Virtual Assistant in Business: A Primer // AJMS. – 2019. – Vol 3, Issue 2. pp. 13-15
4. Daniel Hüsson (2019). Intelligent Personal Assistant in Business- Context: Key-feature Evaluation for User Acceptance // Business Systems Research Journal. Vol. 11 No. 3.P. 147-166.
5. Daniel Hüsson, Alexander Holland Intelligent personal assistants in business processes: Evaluation of a Prototype (V-IP-A) // 32nd Bled eConference. – 2019 DOI: <https://doi.org/10.18690/978-961-286-280-0.62>
6. Daniel Hüsson, Rocío Arteaga Sánchez, Madjid Fathi, Alexander Analysis and illustration of the practical impact of Artificial Intelligence and Intelligent Personal Assistants on business processes in small- and medium-sized service enterprises // 2021 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). – 2021. – P. 3287-3294
7. A better way to create intelligent virtual assistants. Version 1.0, May 2020
8. Rohit Pahwa, Harion Tanwar, Dr Sachin Sharma Speech Recognition System: A review. // International Journal of Future Generation Communication and Networking. -2020. – Vol. 13, No. 3. P. 2547–2559
9. T. Ashwell and J. R. Elam How Accurately Can the Google Web Speech API Recognize and Transcribe Japanese L2 English Learners' Oral Production? // JALT CALL J. 2017. – vol. 13, no. 1, P. 59–76.
10. Priyanka Gonnade Intelligent Personal Assistant for a Web-based ERP System // International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCTST). 2022. – Volume 10 Issue 3. P. 143-146
11. Divisha Pandey, Afra Ali, Shweta Dubey, Muskan Srivastava, Shyam Dwivedi, Md. Saif Raza Voice Assistant Using Python and AI // International Research Journal of Engineering and Technology.-2022. – Volume: 09 Issue: 05. P. 832-838.
12. Daniel Jurafsky & James H. Martin Automatic Speech Recognition and Text-to-Speech // Speech and Language Processing. – 2021
13. R. Nishimura, D. Yamamoto, T. Uchiya, I. Takumi Web-based environment for user generation of spoken dialog for virtual assistants // Eurasip Journal on Audio, Speech and Music Processing., vol. 2018, no. 1. <https://doi.org/10.1186/s13636-018-0142-8>
14. O. Mamyrbayev, N. Mekebayev, M. Turdalyuly, N. Oshanova, T. Ihsan Medeni, A. Yessentay Voice Identification Using Classification Algorithms // Intelligent System and Computing, Apr.2020, DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.88239>

А.А. Абдилдаева, Д.С. Жыйлысова, Ғ.С. Назар

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Методы распознавания голоса для разработки интеллектуального виртуального консультанта

Аннотация. В этой статье были изучены методы и модули распознавания голоса для разработки интеллектуального виртуального консультанта, который играет важную роль в качестве вспомогательного средства при работе с информационными системами бизнес-процессов, а точнее с ERP-системой. Это исследование предназначено для описания интеллектуального виртуального консультанта в оценке полезности и эффективности использования реальных функций в программной системе бизнес-процесса моделирования планирования ресурсов предприятия (ERP). Интеллектуальный виртуальный консультант интегрирован с прототипом Web-ERP. В этом исследовании была основана обработка естественного языка (NLP) с использованием методов Левенберга Маквадта (LM) и Бройдена-Флетчера Голдварба-Шанно (BFGS) с алгоритмом кепстральных коэффициентов частоты Mel. Сравнительный анализ этих методов также был проведен для определения эффективности используемых методов. Большим преимуществом этого виртуального консультанта является голосовой ввод длинных текстовых полей данных при работе в Web-ERP. Эта система актуальна, так как значительно расширяет поиск рабочих процессов бизнеса. Система позволяет преобразовывать речь в текст, получая инструкции информационной системы (ИС),

которые, в свою очередь, передаются в онтологическую базу данных, где выполняется запрос на основе терминов для получения набора команд, доступных для выполнения. Внедрение интеллектуального виртуального консультанта не только расширяет возможности приложения для пользователей через систему, но также позволяет пользователям интерпретировать данные с помощью синтеза речи. Этот прототип будет использоваться для дальнейших исследований по интеграции интеллектуального виртуального консультанта и анализа данных.

Ключевые слова: интеллектуальный виртуальный консультант, распознавание голоса, голосовое управление, онтологические базы данных, бизнес-процессы, ERP.

A. Abdildayeva, D. Zhylysova, G. Nazar

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Voice recognition methods for the development of an intelligent virtual consultant

Abstract. In this article, methods of voice recognition were studied for the development of an intelligent virtual consultant, which plays an important role as an auxiliary tool when working with business process information systems, or rather with an ERP system. This study is intended to describe an intelligent virtual consultant in assessing the usefulness and effectiveness of using real functions in a business process modeling software system for enterprise resource planning (ERP). An intelligent virtual consultant is integrated with a Web-ERP prototype. In this study, natural language processing (NLP) was based using Levenberg Marquardt (LM) and Broyden-Fletcher Goldwarb-Shanno (BFGS) methods with the Mel keprstral frequency coefficients algorithm. A comparative analysis of these methods was also carried out to determine the effectiveness of the methods used. The big advantage of this virtual consultant is the voice input of long text data fields when working in Web-ERP. This system is relevant, as it significantly expands the search for business workflows. The system allows you to convert speech into text by receiving information system (IS) instructions, which, in turn, are transmitted to an ontological database, where a query based on terms is executed to obtain a set of commands available for execution. The introduction of an intelligent virtual consultant not only expands the application's capabilities for users through the system, but also allows users to interpret data using speech synthesis. This prototype will be used for further research on the integration of intelligent virtual consultant and data analysis.

Keywords: voice recognition, intelligent virtual consultant, ERP, voice control, business processes, ontological databases.

References

1. Pereira T. F., Mattaa A., Mayeaa C. M., Pereira F., Monroyb N., Jorgeb J., Rosab T., Salgadoa C.E., Limaa A., Machadoc R.J., Luís M. , Telmo A. , Miguel Ángel G.L., Dibet G.G. A web-based Voice Interaction framework proposal for enhancing Information Systems user experience // *Procedia Computer Science*, -2022.- 196. P. 235–244
2. Asmaganbetova K., Otarbay Zh., Turginbekov A. Development of innovative digital technologies for enterprise management // *Journal AITU*. – 2022. – 11 volume. P. 61-73. DOI: <https://doi.org/10.37943/KNWA6376>
3. Bello R.-W., Ali A.S., Daniel Adebisi Olubummo Virtual Assistant in Business: A Primer // *AJMS*. – 2019. – Vol 3, Issue 2. pp. 13-15
4. Hüsson D. (2019). Intelligent Personal Assistant in Business- Context: Key-feature Evaluation for User Acceptance // *Business Systems Research Journal*. Vol. 11 No. 3.P. 147-166.
5. Hüsson D., Alexander Holland Intelligent personal assistants in business processes: Evaluation of a Prototype (V-IP-A) // *32nd Bled eConference*. – 2019 DOI: <https://doi.org/10.18690/978-961-286-280-0.62>
6. Hüsson D., Sánchez R.A., Fathi M.A. Analysis and illustration of the practical impact of Artificial Intelligence and Intelligent Personal Assistants on business processes in small- and medium-

sized service enterprises // 2021 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). – 2021. – P. 3287-3294

7. A better way to create intelligent virtual assistants. Version 1.0, May 2020

8. Pahwa R., Tanwar H., Dr Sachin Sharma Speech Recognition System: A review. // International Journal of Future Generation Communication and Networking. -2020. – Vol. 13, No. 3. P. 2547–2559

9. Ashwell T., Elam J. R. How Accurately Can the Google Web Speech API Recognize and Transcribe Japanese L2 English Learners' Oral Production? // JALT CALL J. 2017. – vol. 13, no. 1, P. 59–76.

10. Gonnade P. Intelligent Personal Assistant for a Web-based ERP System // International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCT). 2022. – Volume 10 Issue 3. P. 143-146

11. Pandey D., Ali A., Dubey S., Srivastava M., Dwivedi S., Raza M.S. Voice Assistant Using Python and AI // International Research Journal of Engineering and Technology.-2022. – Volume: 09 Issue: 05. P. 832-838.

12. Jurafsky D., James H. Martin Automatic Speech Recognition and Text-to-Speech // Speech and Language Processing. – 2021

13. Nishimura R., Yamamoto D., Uchiya T., Takumi I. Web-based environment for user generation of spoken dialog for virtual assistants // Eurasip Journal on Audio, Speech and Music Processing., vol. 2018, no. 1. <https://doi.org/10.1186/s13636-018-0142-8>

14. Mamyrbayev O., Mekebayev N., Turdalyuly M., Oshanova N., Ihsan Medeni T., Yessentay A. Voice Identification Using Classification Algorithms // Intelligent System and Computing, Apr.2020, DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.88239>

Авторлар туралы мәлімет:

А.А. Абдилдаева – PhD, қауымдастырылған профессор, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан.

Д.С. Жыйлысова – магистрант, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан.

Ғ.С. Назар – магистрант, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан.

А.А. Абдилдаева – PhD, ассоциированный профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, проспект Аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан.

Д.С. Жыйлысова – магистрант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, проспект Аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан.

Ғ.С. Назар – магистрант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, проспект Аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан.

A. Abdildayeva – PhD, Associate Professor, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Avenue, Almaty, Kazakhstan.

D. Zhylyssova – Master's student, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Avenue, Almaty, Kazakhstan.

G. Nazar – Master's student, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Avenue, Almaty, Kazakhstan.

Б.А. Қойайдаров, Р.Т. Сахыбаев*

*М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан
E-mail: kaf_tim206@mail.ru, *Sakhybayev@mail.ru*

Сына белдікті вариатор құру

Аңдатпа. *Технологиялық машиналардың жұмысшы жылдамдығын, технологиямен қарастырылған арнада, сатыламай реттеуге сына белдікті вариаторды пайдалану ұсынылған. Бірақ, қазіргі бар арнайы сына белдікті вариатордың тиімділікті төмендететін кемшіліктері бар. Осыған байланысты, стандартты жетектік сына белдікті, жетектегі шкиві бірдей секторларға бөлінген, секторларды радиальды бағыттарда синхронды жылжытып жетектегі шкивтің диаметрін өзгертетін вариатор құру ұсынылған. Стандартты жетектік сына белдікті және жетектегі шкиві көпсекторлы вариаторды зерттеумен секторлар саны, көпсекторлы шкивтің тарту қабілеті, көпсекторлы шкивтің диаметрлері, белдіктің көпсекторлы шкивке түсіретін нормальды қысым күші сияқты басты параметрлері анықталған, олар осындай вариаторды жобалау үшін қажет.*

Түйін сөздер: *вариатор, сына белдік, шкив, сектор, күш, орау бұрышы, диаметр, беріліс қатынасы.*

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-118-128

Кіріспе

Өндірістік машиналардағы технологиялық жылдамдықты реттеуді, басқа әдістермен салыстырғанда, механикалық вариатордың көмегімен сатыламай реттеу тиімді [1-3].

Механикалық вариаторлардың ішінен сына белдікті вариатордың артықшылығы жоғары: құрылысы қарапайым, құны төмен, жұмысы сенімді, реттеу арнасы жеткілікті [4].

Сына белдікті вариаторлар шкивтің немесе шкивтердің диаметрін өзгерту әдісімен ерекшеленеді [4-6].

Шкиві біріне бірі жақындайтын немесе алыстайтын екі конус дискі түрінде құрамдалған сына белдікті вариатор қолданыс тапқан [4,5]. Бірақ, мұндай вариаторға арнайы жасалатын, ені үлкен сына белдік қолданылады. Мұндай вариатордың кемшіліктері: арнайы сына белдіктің құны жоғары; реттеу кезінде конус дискілер сына белдікті енінен сығып жылжытады, сондықтан, арнайы сына белдіктің жұмыс жасау ұзақтығы қысқарады; вариатордың беріліс қатынасының өзгеру арнасы шектелген, сына белдіктің еніне тәуелді [4].

Осыған байланысты, стандартты жетектік сына белдікпен жұмыс жасайтын, жетектегі шкиві бірдей секторларға бөлінген, секторларды радиальды бағыттарда синхронды жылжытып шкивтің диаметрін өзгертетін сына белдікті вариатор ұсынылған [6].

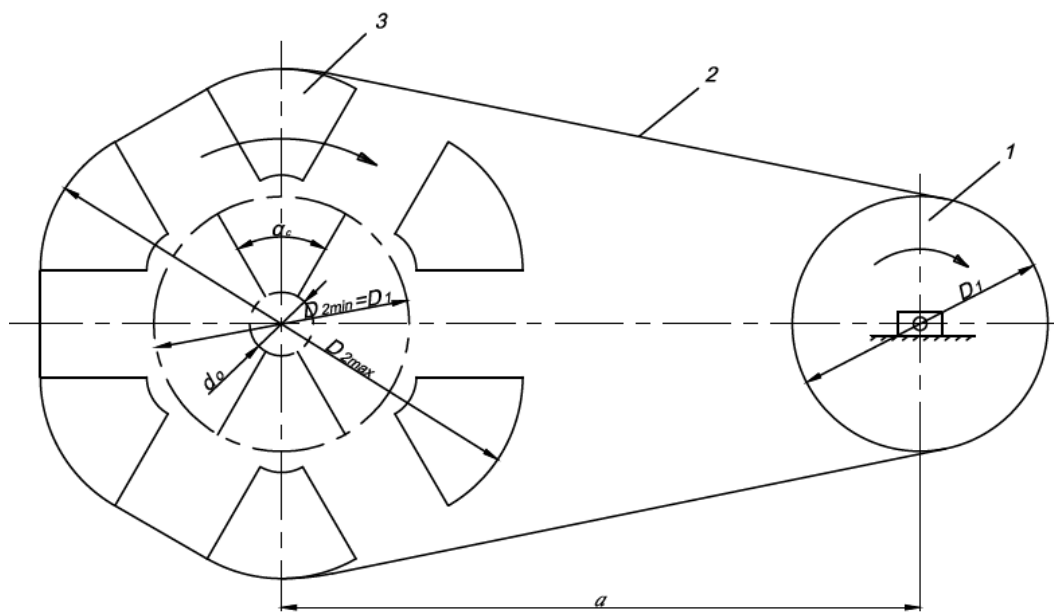
Осындай сына белдікті вариатордың әрекетті схемасы 1-суретте көрсетілді: 1-диаметрі тұрақты жетекші шкив; 2-стандартты жетектік сына белдік; 3-жетектегі шкивтің секторы. Мұндай сына белдікті вариатордың артықшылығы: стандартты жетектік сына белдікпен жұмыс жасауы; жетектегі шкивтің диаметрін оңтайлы шамаға дейін үлкейту мүмкіндігі, секторларды синхронды жылжыту арқылы; кемшілігі: секторларды жылжытатын механизмнің болуы; шкивтің құрылысының күрделенуі.

Жетектегі шкиві бірдей секторларға бөлінген сына белдікті вариторды құру үшін, алдымен, шкивті құратын секторлардың оңтайлы санын, секторланған жетектегі шкивтің тарту қабілетін, белдік оралатын секторларға түсетін қысым күшін білу керек болады.

Секторларға бөлінген шкивтің вариатор жобаланатын номинальды қуатты игеруі оның тарту қабілетіне байланысты, ал тарту қабілеті, біріншіден, сына белдікпен біруақытта қосылыста болатын секторлар санына, екіншіден, сына белдіктің секторлардың каналдарына толық киілуіне байланысты болады.

Сына белдікті вариатор жобаланатын номинальды қуат

$$N_1 = F_t \cdot V \text{ Вт,} \quad (1)$$



Сурет 1. Жетектегі шкиві секторларға бөлінген стандартты сына белдікті вариатордың әрекетті схемасы

мұнда: N_1 - жетекші шкивтегі қуат, Вт;

F_t - жетектегі шкивтегі шеңберлік күш, Н;

V – сына белдіктің жылдамдығы немесе жетекші шкивтің шеңберлік жылдамдығы, м/с.

Сонда, жетектегі шкивтің қуаты келесідей болу керек

$$N_2 = \eta \cdot N_1 = \eta \cdot F_t \cdot V \text{ Вт,} \quad (2)$$

мұнда, η - сына белдікті берілістің пайдалы әсер коэффициенті.

Жетектегі шкивтегі қуат осындай болу үшін секторларға бөлінген шкивтің шеңберлік күші жетекші шкивтегі шеңберлік күшке тең болу керек.

Жетекші шкивтегі шеңберлік күш оған берілетін қуатқа тәуелді

$$F_t = \frac{N_1}{V} \text{ Н.} \quad (3)$$

Шеңберлік күш белдікке өту үшін оны алдын ала кереді [7]

$$S_o = \frac{F_t}{2} \cdot \left(\frac{a^{f\alpha} + 1}{a^{f\alpha} - 1} \right) \text{ Н}, \quad (4)$$

мұнда: f – сына белдік пен шкив арасындағы үйкеліс коэффициенті;
 α – сына белдіктің жетекші шкивті орау бұрышы, рад;

F_t – жетекші шкивтегі шеңберлік күш, Н.

Жетекші шкив айналғанда сына белдіктің оған оралуға келетін тармағы жетекші, ал одан оралудан шығатын тармағы жетектегі болып бөлінеді. Бұл кезде белдіктің тармақтарының керілуі бірдей болмайды [7]:

$$S_1 = F_t \cdot \frac{1}{a^{f\alpha} - 1} \text{ Н}; \quad (5)$$

$$S_2 = F_t \cdot \frac{a^{f\alpha}}{a^{f\alpha} - 1} \text{ Н}. \quad (6)$$

Белдіктің тармақтарының керілу күштері (S_1, S_2) секторларға бөлінген жетектегі шкивке де түседі.

Сондықтан жетектегі шкивтегі шеңберлік күш келесідей болады [7]

$$F_t = S_2 - S_1 \text{ Н}. \quad (7)$$

Бірақ, бұл күш жетектегі шкивке өту үшін секторлар мен сына белдіктің арасындағы үйкеліс коэффициенті (f) және белдіктің жетектегі шкивтің секторларын орау бұрышы жетекші шкивтегі үйкеліс коэффициенті (f) мен оны белдіктің орау бұрышынан кем болмауы керек

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{D_2 - D_1}{a} \cdot 57^\circ \text{ град}, \quad (8)$$

мұнда: D_1 – жетекші шкивтің диаметрі, мм;

D_2 – жетектегі шкивтің диаметрі, мм;

a – жетекші және жетектегі шкивтердің өстерінің арақашықтығы, мм.

Вариаторда жетектегі шкивтің диаметрі өзгереді, сондықтан, α_1 , бұрышын үлкен диаметрге (D_{2max}) есептейді.

Секторларға бөлінген жетектегі шкивті белдіктің орау бұрышы келесідей болады

$$\alpha_p = z_{cp} \cdot \alpha_c \text{ град}, \quad (9)$$

мұнда: α_c – жетектегі шкивтің секторының бұрышы, град;

z_{cp} – белдік оралатын жұмысшы секторлар саны.

Жетектегі шкивтің белдік оралатын жұмысшы секторлар санын келесі шарттан анықтауға болады:

$$\alpha_p = \alpha_1; \quad z_{cp} \alpha_c = \alpha_1; \quad z_{cp} = \frac{\alpha_1}{\alpha_c}. \quad (10)$$

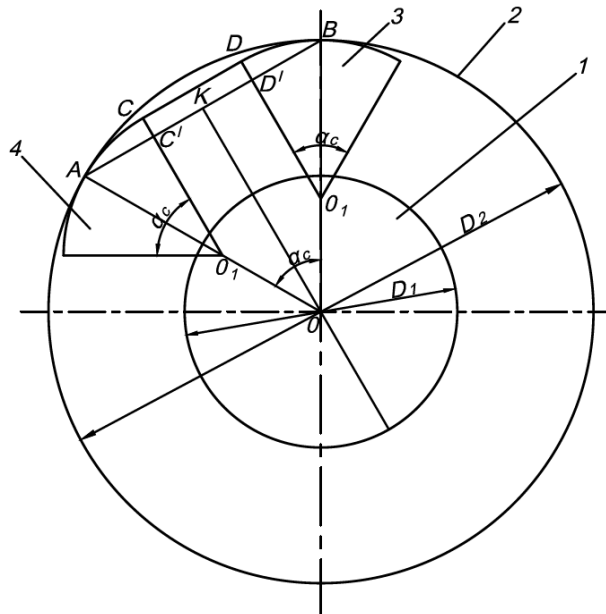
Бұл шарт орындалу үшін белдік жұмыстағы секторларға толық оралатын болу керек. Егер, белдік сектордың секторлық бұрышын қамтыса, онда оны толық орайды.

Белдіктің жұмыстағы секторларды орау түрін анықтауға құрылған есептеу схемасы 2-суретте келтірілді: 1 – жетектегі шкивті бірдей секторларға бөлу схемасы; 2 – секторларға

бөлінген жетектегі шкивтің диаметрлік (D_2) шеңбері; 3,4-шкивтің жұмыстағы екі көрші секторлары.

Жетектегі шкивтің диаметрін өзгерту үшін бірдей секторларды радиальды бағыттарға синхронды жылжытады.

Көрші секторлардың (3,4) жұмысшы доғаларының орталық нүктелерін (А және В) қосатын түзу сызық (АВ) белдіктің осы нүктелер арасындағы керілу сызығы болады (2-сурет).



Сурет 2. Секторларға бөлінген шкивті есептеу схемасы

Егер, АВ түзуі секторлардың ішінен өтсе, онда белдік секторларды орайды және олардың аралығында керіледі (CD түзу сызығы).

Секторлардың параметрі: α_c - сектор бұрышы; D_1 - сектор диаметрі.

Секторлардың адымдық бұрышы сектор бұрышына тең

$$\angle AOB = \alpha_c.$$

ОАВ үшбұрышы теңбүйірлі үшбұрыш

$$OA=OB.$$

АВ түзуі, секторлар доғаларының орталық нүктелерін қосатын, жетектегі шкивтің диаметрлік (D_2) шеңберінің хордасы

$$AB = 2 \cdot AK.$$

ОКА тікбұрышты үшбұрыштан ($OK \perp AB$):

$$\frac{AK}{OA} = \sin \frac{\alpha_c}{2}; \quad OA = 0,5 \cdot D_2; \quad AK = 0,5 \cdot D_2 \cdot \sin \frac{\alpha_c}{2};$$

сонда

$$AB = D_2 \cdot \sin \frac{\alpha_c}{2} . \quad (11)$$

Жетектегі шкивтің диаметрі үлкейген сайын секторлар бірінен бірі қашықтай береді. AB түзуінің секторлардың ішіне кіру тереңдігі (2-сурет)

$$CC' = DD' = O_1C - O_1C' .$$

$O_1C'A$ тікбұрышты үшбұрыштан ($O_1C \parallel OK$)

$$\frac{O_1C'}{O_1A} = \cos \frac{\alpha_c}{2}; \quad O_1A = 0,5 \cdot D_1; \quad O_1C = 0,5 \cdot D_1; \quad O_1C' = 0,5 \cdot D_1 \cdot \cos \frac{\alpha_c}{2};$$

сонда

$$CC' = DD' = 0,5 \cdot D_1 - 0,5 \cdot D_1 \cdot \cos \frac{\alpha_c}{2};$$

$$CC' = DD' = 0,5 \cdot D_1 \cdot (1 - \cos \frac{\alpha_c}{2}) . \quad (12)$$

Бұл теңдеу AB түзуінің секторлардың ішіне кіру тереңдігі тұрақты болатынын көрсетті, жетектегі шкивтің диаметріне тәуелді емес.

Сына белдік шкивтің диаметрлік шеңберінен төмен қарай каналға кіріп орналасады (3-сурет).

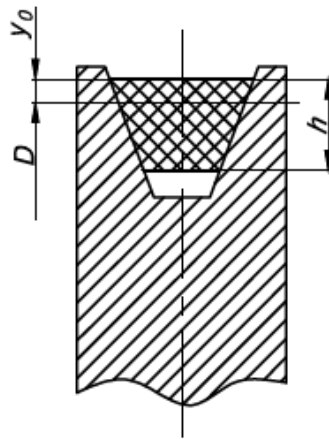
Егер, AB түзуінің секторлардың ішіне кіру тереңдігі, сына белдіктің шкивтің диаметрлік шеңберінен каналға кіру тереңдігінен үлкен болса, онда белдік секторларды толық орайтын болады

$$CC' = DD' > h - y_o;$$

(12) формуланы ескергенде

$$0,5 \cdot D_1 \cdot (1 - \cos \frac{\alpha_c}{2}) > h - y_o, \quad (13)$$

мұнда $D_1 \gg h$ болатындықтан сына белдік сектор доғасын барлық уақытта толық орайды.



Сурет 3. Сына белдіктің шкивтің каналына орналасуы

Сына белдіктің секторлар аралығындағы керілу ұзындығы (2-сурет):

$$CD = AB - (AC' + D'B); \quad AC' = D'B; \quad CD = AB - 2AC';$$

$O_1C'A$ тікбұрышты үшбұрыштан ($O_1C \parallel OK$):

$$\frac{AC'}{AO_1} = \sin \frac{\alpha_c}{2}; \quad AO_1 = 0,5 \cdot D_1; \quad AC' = 0,5 \cdot D_1 \cdot \sin \frac{\alpha_c}{2}.$$

Осыны және (11) формуланы ескергенде

$$CD = (D_2 - D_1) \cdot \sin \frac{\alpha_c}{2}. \quad (14)$$

Жетектегі шкивтің диаметрі өскен сайын белдіктің секторлар аралығындағы керілу ұзындығы ұзарады.

Белдіктің секторды орау ұзындығы

$$l_c = \frac{\pi}{180^\circ} \cdot \alpha_c \cdot 0,5 \cdot D_1 = 0,0087 \cdot D_1 \cdot \alpha_c; \quad l_c = 0,0087 \cdot D_1 \cdot \alpha_c. \quad (15)$$

Бұл ұзындығы тұрақты, өзгермейді.

Белдіктің сектордағы және секторлардың аралығындағы ұзындықтары теңесетін жетектегі шкивтің диаметрі:

$$CD = l_c; \quad (D_2 - D_1) \cdot \sin \frac{\alpha_c}{2} = 0,0087 \cdot D_1 \cdot \alpha_c;$$

осыдан

$$D_2 = D_1 \cdot \left(1 + \frac{0,0087 \cdot \alpha_c}{\sin \frac{\alpha_c}{2}} \right). \quad (16)$$

Вариатордың беріліс қатынасы өскен сайын, секторланған жетектегі шкивтің геометриялық формасы, дөңгелектен бастап доға бұрышты және түзу сызықты белдік қабырғалы көпбұрышқа ауысады. Бұл кезде, белдіктің секторға оралу және секторлар аралығында керілу ұзындықтарының арақатынасы өзгереді, белдіктің керілу ұзындығы үлкейеді, көпбұрыштың қабырғасы ұзарады.

Жетектегі шкивтің секторлар санын таңдауға қойылатын шарттар:

1. Көп секторлардан құралған шкивтің формасы дөңгелекке жақын болу керек.
2. Секторлар саны жұп сан болса шкивтің екі жартыларындағы секторлар саны бірдей болады. Осылай болғанда белдік оралатын секторлар саны өзгермейді, тұрақты болады.
3. Шкивтегі секторлар саны көп болса оларды жылжытатын механизмдер де көбейіп, шкивтің құрылысы күрделенеді.

Бірінші шарт орындалу үшін сына белдік пен секторлар дұрыс көпбұрыш құратын болу керек.

Дұрыс көпбұрыш құратын ең кіші жұп сан (бұрыштар саны) – 6, мұның алдындағы сан – 4, ол көпбұрыш емес квадрат құрады.

Сондықтан, жетектегі шкивті құратын секторлардың ең аз саны

$$z_c = 6.$$

Жетектегі шкивті секторларға бөлетін бұрыш

$$\alpha_{\tilde{n}} = \frac{360^\circ}{z_c} = \frac{360^\circ}{6} = 60^\circ; \quad \alpha_{\tilde{n}} = 60^\circ$$

Жетектегі шкивтің сына белдік оралатын жартысындағы секторлар саны

$$z_\varphi = \frac{z_c}{2} = \frac{6}{2} = 3; \quad z_\varphi = 3.$$

Сына белдіктің шкивтің жартысындағы секторларға оралу бұрышы

$$\alpha_\delta = z_\varphi \cdot \alpha_c = 3 \cdot 60^\circ = 180^\circ; \quad \alpha_\delta = 180^\circ.$$

Негізінде, белдіктің жетектегі дөңгелек шкивке оралу бұрышы келесідей болады [7]

$$\alpha_2 = 180^\circ + \frac{D_2 - D_1}{a} \cdot 30^\circ \text{ град.} \quad (17)$$

Бұл есепке алынған бұрыштан үлкен

$$\alpha_2 > \alpha_p.$$

Белдіктің жетекші шкивті орау бұрышы (8-формула)

$$\alpha_1 < 180^\circ,$$

сондықтан

$$\alpha_p > \alpha_1.$$

Осылай болса, секторларға бөлінген жетектегі шкивтің тарту қабілеті вариатордың номинальды қуатын игеруге жеткілікті.

Сына белдікті вариаторды негізінен жылдамдықты төмендетуге қолданады, сондықтан, вариатордың ең төменгі беріліс қатынасы

$$U_{\min} = 1.$$

Осыған байланысты жетектегі шкивтің ең кіші диаметрі жетекші шкивтің диаметріне тең болады

$$D_{2\min} = D_1.$$

Жетекші шкивтің диаметрін сына белдіктің қимасына және жобаланатын қуатқа қарай таңдайды [4].

Сондықтан бірдей секторларға жетекші шкивтей шкив бөлінеді. Секторлардың ең төменгі орындарында олар бірігіп жетекші шкивтің диаметріндей жетектегі шкивті құрады.

Секторларды радиальды бағыттарда түрлі жолға синхронды жылжытып, диаметрі әртүрлі жетектегі шкивті құрады. Жетектегі шкивтің диаметрін өзгерткенде вариатордың беріліс қатынасы өзгереді

$$U = \frac{D_2}{D_1}.$$

Жетектегі шкив секторды жылжытатын механизммен жабдықталады. Шкивте неше сектор болса сонша механизм болады.

Белдіктен секторға түсетін қысым күші жылжытатын механизмге түсетін қарсылық күші болады.

Белдіктің секторға түсіретін қысым күшін Эйлердің дифференциальды теңдеуінен анықтауға болады [7]

$$dN = S \cdot d\alpha,$$

мұнда $S = S_1 \cdot \dot{\alpha}^{f\alpha}$ – шкивтегі белдіктің керілу күші, Н.

Белдіктің шкивтегі керілу күшін ескеріп дифференциальды теңдеуді келесі түрде жазуға болады

$$dN = S_1 \cdot \dot{\alpha}^{f\alpha} \cdot d\alpha.$$

Бұл теңдеуді интегралдап белдіктен шкивке түсетін қысым күшін анықтаймыз:

$$\int_0^N dN = \int_0^\alpha S_1 \cdot \dot{\alpha}^{f\alpha} \cdot d\alpha;$$

осыдан

$$N = \frac{S_1}{f} \cdot a^{f\alpha} - \frac{S_1}{f};$$

$$N = \frac{S_1}{f} \cdot (a^{f\alpha} - 1). \quad (18)$$

Белдіктің жетектегі тармағының керілу күші [7]

$$S_1 = S_0 - 0,5 \cdot F_t, \quad (19)$$

мұнда: $S_0 = \sigma_0 \cdot A$ - белдіктің бастапқы керілу күші, Н;

$\sigma_0 = 1,2 \div 1,5$ Н/мм² - сына белдіктің бастапқы керілу кернеуі;

A – сына белдіктің көлденең қимасының ауданы, мм²;

F_t - жетекші шкивтегі шеңберлік күш, Н.

Белдіктен шкивке түсетін қысым күші жетекші тармақтан жетектегі тармаққа қарай өседі. Сондықтан секторларға түсетін қысым күштер әртүрлі болады. Секторды жылжитатын механизм үлкен қысым күшке есептеледі.

Үлкен қысым күші жетектегі тармақтан жетекші тармаққа қарай алғанда, белдіктің жетектегі шкивке α_p бұрышқа оралған жерінде болады

$$N_{\max} = \frac{S_1}{f} (a^{f\alpha_p} - 1). \quad (20)$$

Қорытынды

1. Стандартты жетектік сына белдікпен вариатор құруға жетектегі шкивті бірдей секторларға бөліп, оларды радиальды бағыттарға синхронды жылжытып шкивтің диаметрін өзгерту әдісі ұсынылды.

2. Сына белдік, барлық кезде, жұмыстағы секторлардың каналын толық орайды, сондықтан, секторларға бөлінген жетектегі шкивтің тарту қабілеті вариатордың номинальды қуатын игеруге жеткілікті.

3. Вариатордың беріліс қатынасы өскен сайын, секторланған жетектегі шкивтің формасы, дөңгелектен бастап доға бұрышты және түзу сызықты белдік қабырғалы дұрыс көпбұрышқа ауысады.

4. Жетектегі шкивтің кіші диаметрі жетекші шкивтің диаметріне тең, осы шкивті бірдей секторларға бөледі.

5. Секторланған шкивтің геометриялық формасы дөңгелекке жақын дұрыс көпбұрыш, әрі, белдік оралатын секторлар саны тұрақты болу үшін шкивті алты бірдей секторларға бөлу ұсынылды.

6. Белдіктен шкивке түсетін қысым күшінің өзгеру заңдылығы және секторға түсетін үлкен қысым күші анықталды, бұл секторды жылжитатын механизмнің технологиялық күші.

7. Зерттеу нәтижелері стандартты сына белдікті, жылдамдықты төмендететін вариатор құруға мүмкіндік береді. Жетекші шкивті секторланған шкивпен ауыстырып екі бағытта жұмыс жасайтын сына белдікті вариатор құруға болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Қойайдаров Б.А., Қойайдаров А.А., Джакияев Д.К. Регулируемый механический привод для технологических машин. Журнал «Технология текстильной промышленности (Россия)», №3, 2020 г., г.Иванова.
2. Қойайдаров Б.А., Сапарова Н.Ж., Қойайдаров А.А. Технологиялық машиналарға реттелетін механикалық жетек. Журнал «Механика және технологиялар», 2020 ж., №2.
3. Қойайдаров Б.А., Қойайдаров А.Б. Способ регулирования числа оборотов шпинделя металлорежущего станка. Инновационный патент №20998.
4. С.А.Чернавский и др. Проектирование механических передач. -М.: Машиностроение, 1976.
5. Қойайдаров Б.А., Жунибеков Т.М., Бекенов Р.М. Клиноременный вариатор. Инновационный патент №21597
6. Қойайдаров Б.А., Қойайдаров А.А., Қошқарбай Ж.К. Клиноременный вариатор. Инновационный патент полезной модели №2116.
7. М.Н.Иванов. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1976.

Б.А. Қойайдаров, Р.Т. Сахыбаев

Таразский региональный университет им. Х. Дулати, Тараз, Казахстан

Разработка клиноременного вариатора

Аннотация. Для бесступенчатого регулирования рабочей скорости технологических машин в предусмотренных технологией диапазонах рекомендуется использовать клиноременный вариатор. Однако имеющиеся в настоящее время клиноременные вариаторы со специальным клиновым ремнем имеют существенные недостатки, снижающие их эффективность. В связи с этим предложен клиноременный вариатор со стандартным приводным клиновым ремнем, ведомый шкив которого разделен на одинаковые секторы, синхронным перемещением этих секторов по радиальным направлениям изменяют диаметр ведомого шкива. В результате изучения клиноременного вариатора со стандартным приводным клиновым ремнем и многосекторным ведомым шкивом определены такие главные параметры, как число секторов, тяговая способность многосекторного шкива, диаметры многосекторного шкива, сила нормального давления ремня на многосекторный шкив, которые необходимы при проектировании вариатора.

Ключевые слова: вариатор, клиновый ремень, шкив, сектор, угол обхвата, диаметр, передаточное отношение.

B. Koyaidarov, R. Sakhybayev

M.Kh.Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

Development of a V-belt variator

Abstract. For stepless regulation of the operating speed of technological machines, in the ranges provided by the technology, it is recommended to use a V-belt variator. However, currently having V-belt variators with a special V-belt have significant disadvantages that reduce their effectiveness. In this regard, a V-belt variator with a standard drive V-belt is proposed, the driven pulley of which is divided into identical sectors, the diameter of the driven pulley is changed by synchronous movement of these sectors in radial directions. Studying a V-belt variator with a standard V-belt drive and a multi-sector driven pulley, the main parameters such as the number of sectors, the traction capacity of a multi-sector pulley, the diameters of a multi-sector pulley, the force of normal belt pressure on a multi-sector pulley, which are necessary when designing a variator, were determined.

Keywords: variator, V-belt, pulley, sector, girth angle, diameter, gear ratio.

References

1. Koyaidarov B.A., Koyaidarov A.A., Dzhakiyayev D.K. Reguliruemyy mehanicheskij privod dlja tehnologicheskikh mashin [Adjustable mechanical drive for process machines]. Zhurnal «Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti (Rossija)» [Textile Industry Technology Journal (Russia)], №3, 2020, Ivanova.
2. Koyaidarov B.A., Saparova N.Zh., Koyaidarov A.A. Tehnologijalyq mashinalarga retteletin mehanikalyq zhetek [Adjustable mechanical drive to process machines.]. Zhurnal «Mehanika zhәне tehnologijalar» [Mechanics and Technologies Journal], 2020, № 2.
3. Koyaidarov B.A., Koyaidarov A.B. Sposob regulirovaniya chisla oborotov shpindelja metallozhushhego stanka [A method for regulating the number of revolutions of the spindle of a metal-cutting machine]. Innovation Patent № 20998.
4. Chernavskij S.A. et al. Proektirovanie mehanicheskikh peredach [Design of Mechanical Gears]. -M.: Mechanical Engineering, 1976.
5. Koyaidarov B.A., Zhunisbekov T.M., Bekenov R.M. Klinoremennyj variator [V-belt Variator]. Innovation Patent № 21597.
6. Koyaidarov B.A., Koyaidarov A.A., Qoshqarbaj Zh.K. Klinoremennyj variator [V-belt Variator]. Innovative utility model patent № 2116.
7. Ivanov M.N. Detali mashin [Machine Parts]. -Moscow: Higher School, 1976.

Авторлар туралы мәлімет:

Б.А. Қойайдаров – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Төле би даңғ., 60, Тараз, Қазақстан.

Р.Т. Сахыбаев – магистр, аға оқытушы, М.Х.Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Төле би даңғ., 60, Тараз, Қазақстан.

Б.А. Койайдаров – кандидат технических наук, доцент, Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, пр. Толе би, 60, Тараз, Казахстан.

Р.Т. Сахыбаев – магистр, старший преподаватель, Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, пр. Толе би, 60, Тараз, Казахстан.

В. Койайдаров – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, 60 Tole Bi Ave., Taraz, Kazakhstan.

Р. Sakhybayev – Master's degree, Senior Lecturer, M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, 60 Tole Bi Ave., Taraz, Kazakhstan.

Б.Б. Тогизбаева, А.Б. Забиева*, А.А. Каражанов, Ж.Р. Алипбаев,
Қ.Г. Балабекова

Л.Н. Гумилев атындағы Евразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
(E-mail: baglant099@gmail.com, *aliya.zhakupovazabieva@mail.ru,
akarazhanov@mail.ru, alipbaev.1977@mail.ru, 06_03_92@mail.ru)

Ішкі бойлық жарықшақтың жоғарғы жағындағы рельс конструкцияларының кернеулі күйін зерттеу

Аңдатпа. Шұңқырлар аймағындағы кернеу жағдайын зерттеу үшін ішкі бойлық жарықшақтың (ІБЖ) ұштарында пайда болатын кернеулердің үлгісін қарастырмай және талдамай ақпарат толық болмайды, себебі сынақтар кезінде кейбір рельс үлгілерінің бұзылуы дәл олардан басталды. ІБЖ-қа жүктеменің әр түрлі түрлерінің әсерін бағалау шұңқырлар мен шұңқырлардың пайда болу механизмін тереңірек түсінуге және осы бөлімде 11 және 21 ақауларының неге кездеспейтінін түсіндіруге көмектеседі.

Жарықтары бар конструкциялардың кернеу күйін бағалаудың маңызды критерийлерінің бірі кернеу қарқындылығының коэффициенті (КҚК) болып табылады. Ол жарықшақтың жоғарғы жағындағы кернеу күйін анықтап қана қоймайды, сонымен қатар өсу қарқынды мен жарықшақты болжау үшін де қолданыла алады.

Сондықтан осы зерттеудің мақсаты ішкі бойлық кернеудің алдыңғы нүктелеріндегі кернеулердің қарқындылық коэффициенттерін анықтау болып табылады.

Түйін сөздер: ішкі бойлық жарықшақ, кернеу қарқындылығының коэффициенті; рельстер, ақау.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-129-135

Кіріспе

Жүктеменің жалпы жағдайында жарықшақтың жоғарғы жағындағы кернеу күйін үш қарапайым жағдайдың суперпозициясы ретінде елестетуге болады-гормоналды бөліну, бойлық және көлденең ауысу. Үш жағдайдың әрқайсысында шынға жақын кернеу өрісі формулалар бойынша анықталады:

$$\begin{aligned}\delta_{ij} &= \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij}(\theta) \\ \delta_{ij} &= \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij} \quad (1) \\ \delta_{ij} &= \frac{K_{III}}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij}\end{aligned}$$

мұндағы K_I, K_{II}, K_{III} тиісті жүктеме жағдайына арналған кернеу қарқындылығының коэффициенті(КҚК);

r, θ — жарықшақтың жоғарғы жағында басталатын нүктенің полярлық координаттары.

КҚК эксперименттік мәндерін поляризациялық-оптикалық әдістер арқылы анықтауға болады. Кернеулер мен олардың комбинацияларының қарқындылық коэффициенттерін анықтауда ең үлкен дәлдік құрама модельдер әдісіне ие, бұл жарықшақтың А нүктесіндегі кернеу күйін зерттеуге мүмкіндік берді, жүктеме түрін анықтау үшін келесі эксперименттер қажет болды:

а) созылу және қысу кернеулері өрісіндегі бойлық жарықшақ КІ мүмкін мәндерін бағалау үшін;

б) K_{II} мәндері үшін жарықшақты рельстің көлденең қимасындағы ауысу кернеулерін зерттеу және жарықшақты тереңдетудің ең қауіпті орнын және тігінен көлбеу бұрышын анықтау;

в) алдыңғы эксперименттердің нәтижелерін ескере отырып, алдыңғы А нүктесінде КҚК бағалау.

Зерттеу әдістемесі

Қысу және созылу кернеулерінің әсерінен бойлық жарықшақтың жоғарғы жағындағы кернеу күйін бағалау үшін бойлық жарықшақты рельстің жалпақ моделінде және 11 ақауы бар нақты рельсте эксперименттер жүргізілді.

Мұндай модель-биіктігі 180 мм және ұзындығы 420 мм, ұзындығы 50 мм және ені 0,115 мм болатын, жарықшақты имитациялайтын, СОЗ-2 оптикалық белсенді плексигластан жасалған. Модель үш нүктелі иілуге жүктелді, осылайша жарықшақ созылған немесе қысылған кернеулер аймағында болды. Фотоэластикалық суреттерді талдау көрсеткендей, екі жағдайда да, шыңға жақын кернеу өрісінің бұзылуы, тіпті жарықшақтың жоғарғы жағына жақын жүктеме қолданылған кезде де маңызды емес. Осыны да келтірілген формулаларға сәйкес жүргізілген есептеулер қалыпты үзіліс жарықтары үшін растайды:

$$\delta_{ij} = \frac{K_{III}}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij} \sigma_x = \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\vartheta}{2} \left(1 - \sin \frac{\vartheta}{2} \sin \frac{3}{2} \vartheta\right)$$

$$\sigma_y = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\vartheta}{2} \left(1 + \sin \frac{\vartheta}{2} \sin \frac{3}{2} \vartheta\right)$$

$$\tau_{xy} = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \sin \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{3}{2} \vartheta \quad (2)$$

$$\sigma_z = \nu(\sigma_x + \sigma_y), \quad \tau_{xz} = \tau_{zy} = 0$$

$$u = \frac{K_1}{\mu} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \cos \frac{\vartheta}{2} \left(\frac{x-1}{2} + \sin^2 \frac{\vartheta}{2}\right)$$

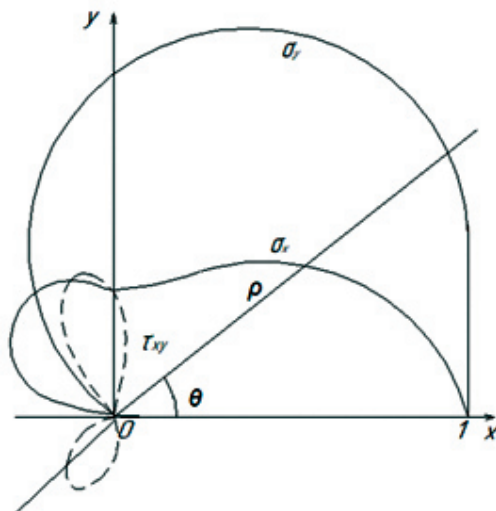
$$u = \frac{K_1}{\mu} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \sin \frac{\vartheta}{2} \left(\frac{x+1}{2} - \cos^2 \frac{\vartheta}{2}\right)$$

$$W=0$$

1-суретте полярлық координаттарда берілген формулаларға сәйкес $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ кернеулерінің таралуы көрсетілген. Радиус-Вектор бойынша кейінге қалдырылған барлық р шамалар $K_i, / \sqrt{2\pi r}, r = \text{const}$ деп жіктеледі.

Алайда, жарықшақтың жоғарғы жағы контактілі иірілген жіптердің әсер ету аймағына түскенде, жарықшақтардың жоғарғы аймағында қалыпты үзілістің жарықтарына тән интерференция үлгісі пайда болады. Кернеу тензорының құрамдас бөлігін бөлек анықтау арқылы жүргізілген кернеу өрісін талдау бұл жағдайда жарықшақтың жоғарғы жағында

қысу басым болатынын көрсетті, яғни доңғалақты жарықшақтың үстінен айналдыру кезінде жарықшақтың ашылуы орын алады. Шыңдағы кернеулердің концентрациясы жарықшақтың соңғы ені бар кесуге ұқсайтындығынан туындайды, жағалар қысылған кезде бір-біріне қысым жасамайды. К мәні теріс



Сурет 1. Қалыпты үзіліс түрі бойынша жарықшақ шыңының шағын маңындағы кернеулердің таралуы

Дәл осындай нәтижелер нақты рельстегі жарықшақ жағалауларының жылжуын зерттеу кезінде алынған. Мұнда ақау табылғаннан кейін жолдан шығарылған нақты рельс Р65 сыналды. Жарықшақ жағалауларының орын ауыстыру голографиялық интерференция әдісімен зерттелді. Ол үшін анықталған жарықшақты Р65 рельсі CDM-200 сынақ машинасында үш нүктелі иілу схемасы бойынша симметрия жазықтығында жүктелді. Голографиялық интерферометрдің орын ауыстыруын анықтауға арналған голограммаларды жазу түсіру объектісінде Тіркеуші орта (фотопластинка) бекітілетін қарсы сәулелерде жүргізілді, яғни. ПЭ-2 фотопластинкасы рельстің бүйір бетіне к-18 катализаторымен қатайтылған оптикалық мөлдір scпn каучукінің көмегімен бекітілді.

Фотопластинкаға жүктелгенге дейін және кейін жарылған рельстің суреттері жазылды (екі экспозиция). Голограммаларды жазу кезінде де, оны монохроматикалық когерентті сәуленің көзі ретінде қалпына келтіру кезінде де коллиматоры бар ЛН-36 лазері қолданылды. Алынған ақпараттық үлгіге сүйене отырып, интерферограмманы қалпына келтіру кезінде зерттелетін объектінің нүктелерінің қозғалысын бағалауға болады.

Жарықшақтағы қозғалыстардың секіруі олардың Жарықшақтан өтуі кезінде кедергі жолақтарының үзілуімен көрінеді. Жарылған рельс үшін алынған интерферограммаларда кедергі жолақтары жарықшақты үзіліссіз кесіп өтеді, бұл бір-біріне қатысты жарықшақтың жағалық орын ауыстыруың жоқтығын көрсетеді. Осылайша, қорытындылай келе иілу кернеулері қалыпты үзіліс түріне сәйкес жарықшақты жүктемейді, керісінше жарықшақтың жабылуына әкеледі.

Орын ауыстыру контактілі кернеулердің әсерін анықтау үшін Эд-16 шайырының негізіндегі эпоксидті қосылыстың қалыңдығы 2 мм пластинадан жасалған модель Р65 рельсінің көлденең қимасы түрінде жасалды.

Қалыңдығының ені 0,15 мм ойық түрінде еліктелді, өйткені рельстің көлденең қимасындағы ақаудың орны кең шектерде өзгеруі мүмкін (2-9 мм тереңдігі, 8°-45° көлденеңінен көлбеу), 6 және 9 мм жарықшақты тереңдететін және 15°, 30°, 45° көлбеу бұрыштары бар 6 Модель зерттелді. Модельдер ИМАШ-КБ-2 қондырғысында жылжымалы құрам дөңгелегінің профиліне сәйкес келетін профильмен [1] мөртабанмен

жүктелді. Тұрақтылықтың жоғалуын болдырмау үшін модель жарықшақты азайту үшін ЦИАТИМ-205 майымен алдын-ала майланған 2 әйнектің арасына орналастырылды. Жарықшақ аймағындағы жолақтардың жалпы суреті, сондай-ақ онштампық позициядағы жарықтар шыңы аймағындағы жолақтардың үлкен суреттері суретке түсті. Штампық үш позициясында реборд жүктемелері имитацияланған. Жарықтардың ең қауіпті жағдайын анықтау үшін шыңға жақын орналасқан негізгі кернеулердің (жолақтардың реті) айырмашылығын салыстыру жүргізілді. Жарықтың жоғарғы жағындағы жолақтардың ретін анықтау фотоэластикалық суретті визуалды бақылау кезінде жолақтарды санау арқылы жүргізілді.

Барлық модельдердегі өлшеу нәтижелерін талдау іс жүзінде барлық жүктеме позицияларында (бүйірден басқа) ең жоғары концентрация 30° және 6 мм тереңдікте байқалатынын көрсетті. мұндай жарықшақ бұрышы есептелгенге жақын -35° , ал тереңдету ең жиі кездесетінге сәйкес келеді. Ұқсас нәтиже рельстің басындағы τ_{\max} максималды тангенс кернеулерінің бағыттарын талдаудан алынады. T_{\max} бағыты суреттерден анықталды изоклин жарықсыз рельс моделінде. Сонымен, жарықшақтың геометриялық орталығында τ_{\max} бағыты жүктеменің бірінші позициясында 15° - тан селмада 30° - қа дейін өзгереді.

Ең қауіпті ақау үшін ($\alpha=30^\circ$, 6 мм тереңдеу) жарықшақ аймағындағы фотоэластикалық жолақтардың суреттері кернеудің қарқындылық коэффициенттерін анықтады. Бағыттар іс жүзінде жарықшақтың бағытымен сәйкес келетіндіктен, мұнда басым бағыт көлденең ауысым болуы керек.

$$\delta_1 - \delta_2 = (2K_{11} / \sqrt{2\pi r}) \sqrt{\cos^2 \theta + \frac{1}{4} \sin^2 \theta} \quad (3)$$

Осы формула бойынша алынған жолақтардың үлгісін эксперименттік үлгімен салыстыру олардың сапалы түрде сәйкес келетіндігін көрсетті, яғни жарықшақтың жүктелуі тек көлденең арқылы жүреді, демек, үш мүмкін КИН-ден К11 анықтайтын мәнге ие.

Модель рельстің жұмысын бейнелейтіндіктен және шамамен сапалы нәтижелер рельстің бойындағы жарықшақтың өте үлкен ұзындығында ғана жарамды болғандықтан, К11 есептеу жеңілдетілген формула бойынша жүргізілді:

$$K_{II} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{\pi r} \delta_0^\alpha m \quad (4)$$

Мұндағы: δ_0^α бағыт бойынша модель жолағының бағасы;

m - жолақ тәртібі;

r - жарықшақтың жоғарғы жағынан жолақтың қиылысу нүктесіне және жарықшақтың жалғасу сызығына дейінгі қашықтық.

K_{11} мәні тік жүктеме кезінде байланыс нүктесінің барлық позициялары үшін есептелді. Барлық жағдайларда сурет үш жүктеме деңгейінде тіркелді. Әрбір интерференция жолағы үшін оның жарықшақтың жалғасу сызығымен қиылысу нүктесінің координаты анықталды. Содан кейін берілген жүктеме деңгейі үшін алынған мәндердің орташа мәні анықталды. Әдетте, мәндердің орташа мәннен ауытқуы $+8\%$ - дан аспады, бұл сонымен қатар жолақтардың есептік және эксперименттік үлгісінің жақсы сәйкестігін көрсетеді.

Бойлық жарықшақ нүктесіндегі кернеу күйін талдау фотоэластикалық жапсырмалары бар құрама модельдер әдістемесі бойынша жүргізілді. Ол үшін плексигластан ұзындығы 150 мм болатын рельстің рельс моделі жасалды. тегіс модельде алынған нәтижелерге сәйкес Жарықшақтың тереңдеуі мен бағыты 6 мм және көлденеңінен 30° бұрыш болды. Жарықшақ ұзындығы 50 мм, ені 10 мм және қалыңдығы 0,15 мм болатын сопақша ойыққа еліктелді, ол рельс басының таңдалған бөлігін модельге жапсырмас бұрын кесілді. Жапсырма-бұл жарықшақ жазықтығына 45° бұрышпен бағытталған эпоксидті қосылыстың қалыңдығы

2 мм пластина. Бұл жапсырма бағыты σ_{zy} және $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ және σ_{xy} кернеулерінің бойлық ауысымымен 0-ге тең болуымен байланысты. Нөлден айырмашылығы тек σ_{xz} және σ_{yz} кернеулері болып табылады, сондықтан егер жапсырма ху жазықтығында орналасса, онда бойлық напряжысу кернеулері ондағы кедергі жолақтарының үлгісіне ешқандай үлес қоспайды.

Жапсырманы 45° бұрышта орналастыру үшін жолақтардың суреті бойлық және көлденең ауысымынан кернеуге ықпал етеді. Анықтаңыз - K_{II} және K_{III} мәндерін салыстыру арқылы жүргізілді- бойлық ауысым бойынша көлденең қима үшін теңдеулер шешімдерінің суперпозициясы арқылы теориялық жолақтары бар қалта:

$$\begin{aligned} \tau_{xz} &= \frac{K_{III}}{\sqrt{2\pi r}} \sin \frac{\theta}{2} \\ \tau_{yz} &= \frac{K_{III}}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \end{aligned} \quad (5)$$

Жолақтардың суреті бойынша r және θ координаттары бүтін және жарты ретгі жазықтықтарда жатқан 30 нүкте өлшенді. Осы нүктелерде K_{II} және K_{III} әр түрлі мәндеріндегі негізгі кернеулердің айырмашылығы есептелді, K_{II} және K_{III} мәндері үшін негізгі кернеулердің теориялық тұрғыдан есептелген айырмашылығының эксперименталды түрде алынған жиынтық орташа квадраттық ауытқуы минималды болатын мәндер қабылданды. Нәтижесінде, байланыс аймағы рельс осінен 12.5 мм-ге ауысқан кезде, нақты рельсті есептеу кезінде мәндер тең болды (оське жүктеме

200 КН) $61 \text{ Н/мм}^{3/2}$ және $300 \text{ Н/мм}^{3/2}$, тиісінше, ал жылжыған арналған 17.5 мм - $105 \text{ Н/мм}^{3/2}$ және $520 \text{ Н/мм}^{3/2}$. Жоғарыда келтірілген нәтижелерден көріп отырғанымыздай, байланыс аймағының мещысуы жоғарылаған сайын K_{II} және K_{III} абсолютті мәндері артады, бірақ олардың арасындағы қатынас $K_{II}/K_{III} \approx 5 \div 6$ -ға тең тұрақты болып қалады. Осылайша, жарықшақтың жоғарғы жағындағы кернеу концентрациясының негізгі үлесі доңғалақ пен рельстің жанасуынан туындаған бойлық кернеулері болып табылады.

Қорытынды

Тереңдігі 4 мм-ден асатын ескі рельстердің циклдік және копрлік сынақтары жинақталған тоннаж 11 ақаулары бар рельстердің құрылымдық беріктігіне аз әсер ететінін көрсетті. Бұл ақаулы рельстердің көпшілігінде металды бояу басталғаннан кейін пайда болатын айтарлықтай геометриялық өлшемдері мен ІБЖ ұштары бар шербиндер үлкен кернеу концентраторлары болып табылатындығына байланысты. Ақаулары бар рельстердің кернеу күйі тұрғысынан 11 өткір кернеу концентраторлары ІБЖ ұштары және рельстің сырғанау бетінің геометриясының өзгеру орындары (шеттері) болып табылады. Олардан циклдік және көпрлік сынақтар кезінде сынамалар бұзылған кезде барлық дерлік сынықтар басталады.

Әдебиетер тізімі

1. Омарова М.Б. Исследование влияния размеров выкрашивания головки рельса на безопасность движения поездов. Диссертация/ Алматы., КУПС, 2006.
2. Xiaoyan Lei. High Speed Railway Track Dynamics Models, Algorithms and Applications -2022y. Pages 383-421
3. Grassie S.L. Проблемы изломы рельса //Ж.д Мира. – 2022. – №11. С-68-71
4. Adam Gamble , Cloves Carneiro , Rida Al Barazi Beginning Rails 4-2013y. Pages 13-25
5. Pablo Acuña. Deploying Rails with Docker, Kubernetes and ECS-2016 Pages 17-25

Б.Б. Тогизбаева, А.Б. Забиева, А.А. Каражанов, Ж.Р. Алипбаев, К.Г. Балабекова
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Исследование напряженного состояния конструкций рельс у вершины внутренней продольной трещины

Аннотация. Исследование напряженного состояния в зоне выколов будет неполным без детального рассмотрения и анализа картины напряжений, возникающих на концах ВПТ, ведь именно от них начиналось разрушение некоторых образцов рельсов при испытаниях. Оценка действия различных видов нагружения на ВПТ поможет более глубоко понять механизм образования выколов и выщербин и объяснить, почему не встречаются в данном сечении дефекты 11 и 21.

Одним из важнейших критериев оценки напряженного состояния конструкций с трещинами является коэффициент интенсивности напряжения (КИН) [2]. Он не только определяет напряженное состояние в вершине трещины, но и может быть использован для прогнозирования скорости роста трещины. Поэтому целью настоящего исследования является определение коэффициентов интенсивности напряжений в точках фронта ВПТ.

Ключевые слова: внутренняя продольная трещина, коэффициент интенсивности напряжения, рельсы, дефект.

B. Togizbayeva, A. Zabayeva, A. Karazhanov, Zh. Alipbayev, K. Balabekova
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Investigation of the mechanics of rail failure in the event of contact fatigue defects in cold conditions

Abstract. The study of the stress state in the puncture zone will be incomplete without a detailed consideration and analysis of the picture of stresses arising at the ends of the VAC, because it was from them that the destruction of some rail ends began during testing. An assessment of the effect of various types of loading on the VP will help to understand more deeply the mechanism of the formation of gouges and gouges and explain why defects 11 and 21 do not occur in this section.

One of the most important criteria for assessing the stress state of structures with cracks is the stress intensity coefficient (KIN) [98, 101]. It not only determines the stress state at the crack tip, but can also be used to predict the crack growth rate. Therefore, the purpose of this study is to determine the stress intensity coefficients at the points of the VAC front.

Keywords: internal longitudinal crack, stress intensity coefficient; rails, defect.

References

1. Omarova M.B. Investigation of the influence of the size of the rail head coloring on the safety of train traffic. Dissertation/ Almaty., COURSE, 2006.
2. Xiaoyan Lei. High Speed Railway Track Dynamics Models, Algorithms and Applications -2022y. Pages 383-421
3. Grassie S.L. Проблемы изломы рельса //Ж.д Мира. -2022.- №11. С-68-71
4. Adam Gamble , Cloves Carneiro , Rida Al Barazi Beginning Rails 4-2013y. Pages 13-25
5. Pablo Acuña. Deploying Rails with Docker, Kubernetes and ECS-2016

Авторлар туралы мәлімет:

Тогизбаева Б.Б. – техника ғылымдарының докторы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Забиева А.Б. – техника ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Каражанов А.А. – техника ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Алипбаев Ж.Р. – техника ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Балабекова Қ.Г. – PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

B.Togizbayeva – Doctor of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

A. Zabiyeva – Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

A. Karazhanov – Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Zh. Alipbayev – Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Balabekova K.G. – PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

С.А. Нуркушева¹, М. Бембенек², О.Н. Костюченкова¹

¹Казахский агротехнический исследовательский университет
им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

² AGH Краковский университет, Краков, Польша
(e-mail: saltanat.nurkusheva@kazatu.kz)

Обзор применения подъемного оборудования в автотехобслуживании г. Астаны

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема эффективного применения автомобильных подъемников для легковых автомобилей, а также анализ технических параметров подъемников на автосервисах г. Астаны. Целью исследования является создание теоретических основ для повышения эффективности и безопасности применения подъемников на предприятиях автосервиса. Объектом исследования является производительность труда автосервиса с применением подъемного оборудования. На основе анализа обзора существующих конструкций разработана классификация с целью модернизации и создания новых видов автоподъемников, которая позволяет оценить существующие подъемники. Приведены результаты сравнения отдельных типов подъемников, которые используются в столице Казахстана, критерии оценки эффективности и их применения на автосервисе с целью повышения эффективности их использования.

Ключевые слова: автоподъемник, подъемное оборудование, подъемник на автосервисе, оборудование для автомобилей, классификация подъемников, статистический анализ.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-136-146

1. Введение

По городу Астане насчитывается 35 официальных дилеров крупных автосалонов, не менее 74 средних автосервисов, 549 шиномонтажных станций технического обслуживания на период конца 2022 года. Широкий спектр моделей и марок технологического оборудования используются в автосервисах для технического обслуживания и текущего ремонта, диагностирования и предпродажной подготовки сервиса автомобилей, объединенных одним термином «автотехобслуживание».

Применение в автотехобслуживании подъемного оборудования способствует облегчению доступа к узлам и деталям автотранспортных средств, а также снижению трудоемкости профилактических работ при их проведении, что ведет к повышению производительности труда работников сервиса. Развитие качественного автотехобслуживания может иметь место только при условии повышения эффективности труда исполнителей, которому во многом способствуют полная механизация и автоматизация технологических процессов [1].

Актуальностью проблемы является значительно высокий объем спроса и предложения на рынке технического обслуживания, ремонта и сервиса автомобилей, что, в свою очередь, определяет высокую конкуренцию в области индустрии сервисного

обслуживания транспортных средств. К сожалению, из-за отсутствия отечественного производства автоподъемников, многие автосервисы вынуждены приобретать современное оборудование у зарубежных брендов, среди которых самые популярные Heshbon, Nordberg, Oma, Ravaglioli, Rotary, Sivik.

Летом 2022 года бренд Ravaglioli анонсировал о разработке новой серии двухстоечных подъемников «Legend», которые описываются такими критериями, как: современный дизайн, инновационная конструкция и устремленность в будущее. Помимо двухстоечных подъемников, Ravaglioli разработал новый ножничный подъемник из серии KVI, который изображен на рисунке 1.



Рисунок 1. Ножничный подъемник Ravaglioli серии KVI

[<https://ravaglioli.com/wp-content/uploads/2022/07/Scissor-Lift-Bodyshop-BR-RU-07-2022-screen.pdf>)]

Благодаря накладкам «always on» ножничный подъемник используется для проведения дополнительных операций. Лапы в конструкции имеют встроенную накладку, благодаря которой могут оставаться на подъемнике в исходном положении. Разновидностями конфигураций являются: пневмогидравлические с ручными лапами для минимальных компактных решений; электрогидравлические с ручными лапами для быстрого подъема без рывков и скачков; электрогидравлические с пневматическими лапами для высокой скорости и повышения эргономичности; электрогидравлические с захватами колес для простого позиционирования транспортного средства; АТЕХ с пневматическими лапами с целью взрывозащищенной конфигурации.

Итальянский бренд OMCN в 2022 году выпустил свою новую линейку подъемников, среди которых есть ножничный подъемник, изображенный на рисунке 2. Данный подъемник оснащен 4 рычагами для подъема легковых автомобилей. Среди основных преимуществ можно назвать высокий подъем и небольшую ширину платформы, что позволяет удобно и легко работать под автомобилем.



Рисунок 2. Ножничный подъемник OMCN
[<https://www.omcn.it/wp-content/uploads/2015/02/mini-catalogo-omcn.pdf>]

Тем не менее, каждый бренд ежегодно улучшает и предоставляет широкий выбор подъемного оборудования. У каждого из типов подъемников есть свои преимущества и недостатки, различия технических характеристик затрудняет выбор оборудования владельцев автосервиса и технических директоров. Поэтому в данной статье дан подробный анализ конструктивных особенностей и тенденции развития автоподъемников, используемых в автосервисах по г. Астане.

2. Методы

Для достижения поставленной цели и решения задач исследований был изучен и проанализирован ряд материалов различных литературных источников по выбору методического подхода к решению поставленной проблемы. Для обработки данных с целью их анализа использовалась программа работы с электронными таблицами Excel, а именно математические и статистические расчеты. В статистическом анализе данной статьи использованы методы описания (описательная статистика) и методы их обработки (аналитическая статистика). Для отбора наиболее связанных данных было использовано нахождение оптимума. Симплекс-метод, использованный в ходе решения, основан на предварительном выборе исходного решения. При выборе системы с новым показателем проводился анализ результатов, пока не был найден оптимальный вариант [2-5].

3. Результаты и обсуждение

В ходе изучения литературных источников нами предлагается обобщённая классификация (рисунок 3), составленная на основании существующих классификаций подъемников.

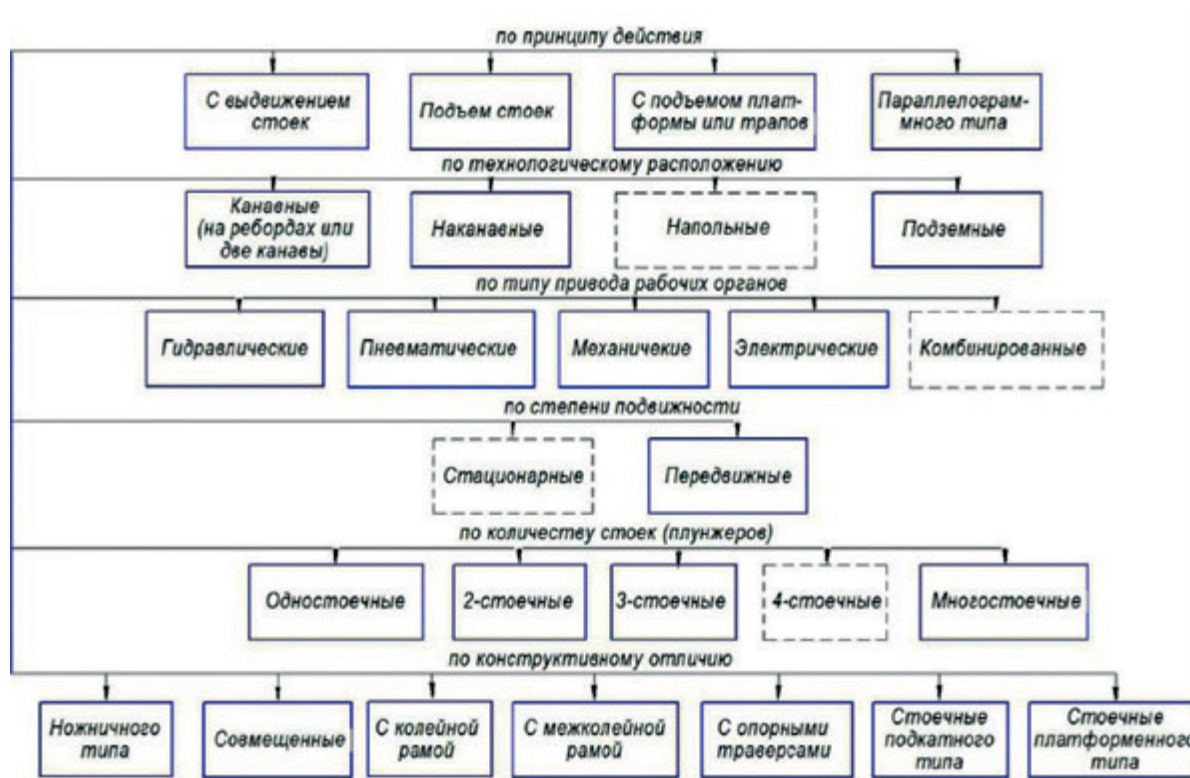


Рисунок 3. Классификация автомобильных подъемников

Анализ и обзор существующих конструкций показал, что наибольшую популярность получили электрогидравлические и механические подъемники. Преобладающим большинством подъемников на крупных автосервисах г. Астаны являются: двухстоечный, четырехстоечные и ножничные подъемники.

Стационарные подъемники на сегодняшний день являются подавляющим большинством выпускаемых подъемников, предназначенные для постов ТО и ТР на производственно-технической базе [6-12].

Ниже приведена таблица 1 подъемников, используемых в автосалонах г.Астаны, с техническими характеристиками [13-26].

Таблица 1. Подъемники, используемые в автосалонах г.Астаны [13-26]

Название автосалона	Марка подъемника
Allur Auto Astana	Ravagliolis.p.a.
	Ravagliolis.p.a.
Crystal Renault Astana	Nordberg
	Ravagliolis.p.a.
АВТОМИР ЦЕНТР Мазда	Rotary lift
	Rotary lift
Toyota City Astana	Ravagliolis.p.a.
	Oma
	Ravagliolis.p.a.
	Ravagliolis.p.a.

АС «ЭКЛИПС»	Heshbon	
	OMCN	Пневматический подъемник т.м. ЕРМАК
Hyundai Premium Astana		Blitz Rotary
СТО «Удача»		N412A-4T Nordberg
Push Start		Trommelberg tst45sw
«НурДан»		ЕРМАК
SCT-service автосервис		Heshbon HL-27M
СТО «Юг»		Ravagliolis.p.a.
СТО Mustang		Rotary lift
BOSCH Auto Service		Sivik
Truck auto		Nordberg
		Nordberg
Toyota ЦентрЕсиль		Ravaglioli RAL
		Nordberg
Fit Service		Nordberg 4455
		Rotary
Autoland		Heshbon HL-27M

В различных автосалонах используются схожие подъемники, поэтому далее приведем таблицу по модели оборудования без повторных подъемников и проведем статистический анализ генеральной совокупности, используя программу Excel. Все полученные значения основных критериев записаны ниже в таблице 2, основными из которых являются: среднее значение, стандартное отклонение, минимальные и максимальные значения, дисперсия и коэффициент вариации.

Таблица 2. Статистический анализ разновидности подъемников

№ п/п	Модель подъемника	Грузоподъемность
1	HESHBON HL-51G	3500
2	HESHBON HL-27M	6000
3	N412A-4T Nordberg	4000
4	Norberg N631L-3	3000
5	Norberg 4122A-4T	4000
6	Norberg 4455	5500
7	Oma526B (450AT)	4000
8	Ravaglioli RAL	4500
9	Ravaglioli RAV 4655L	6500
10	Ravaglioli RAV 4505L	5000
11	Ravaglioli KPS244HEK	3200
12	Rotary lift ATO77	3500
13	Rotary lift SPOA10	4500
14	Sivik	5000
15	Trommelberg tst45sw	4500
16	ЕРМАК ПГА-3500-E	3500
	Средние	4387,50
	Дисперсия	952343,75
	СКО	1007,89
	Коэф.вар.	22,97

Результатами статистического анализа являются полученные данные, среди которых среднее значение равняется 4387,50; стандартная ошибка – 251,97; медиана – 4250; мода – 3500; стандартное отклонение – 1007,88; дисперсия выборки – 1015833,33; эксцесс – (-0,22); минимум – 3000; максимум – 6500; сумма – 70200; счет – 16; уровень надежности (95,0%) – 537,06.

Далее определим размах варьирования результатов измерения по следующему выражению

$$R = X_{\max} - X_{\min}, \quad (1)$$

где R – размах варьирования, см;

X_{\max} , X_{\min} – соответственно максимальное и минимальное значение грузоподъемности, кг.

Сгруппируем все полученные значения в k групп.

Величину интервала групп определим по соотношению

$$i = \frac{R}{k}, \quad (2)$$

$$k = \sqrt{n} \quad (3)$$

где i – величина интервала, см;

k – число групп.

В нашем случае целесообразно взять семь групп. В этом случае получим данные в таблице 3.

Таблица 3. Расчет квадратов суммы отклонений

Интервал	Частота, f	Ср. знач-ие по группе \bar{X}_i	$f \cdot \bar{X}_i$	$\bar{X} - \bar{X}_i$	$f(\bar{X} - \bar{X}_i)$	$f(\bar{X} - \bar{X}_i)^2$
1	2	3	4	5	6	7
[3000-3500]	5	3250	16250	937,5	+4687,5	4394531,25
[3500-4000]	3	3750	11250	437,5	+1312,5	574218,75
[4000-4500]	3	4250	12750	-62,5	-187,5	11718,75
[4500-5000]	2	4750	9500	-562,5	-1125	632812,5
[5000-5500]	1	5250	5250	-1062,5	-1062,5	1128906,25
[5500-6000]	1	5750	5750	-1562,5	-1562,5	2441406,25
[6000-6500]	1	6250	6250	-2062,5	-2062,5	4253906,25
Итого	16		67000		0	

При построении гистограммы из пакета анализа Excel была использована функция «частота». При этом весь диапазон изменений был разбит на интервалы равной ширины (карманы). В данном случае количество карманов составляет 7. По всей выборке определено число попаданий значений грузоподъемностей в каждый из интервалов. Исходя из этого, вычисляются относительные частоты, по которым была построена гистограмма и выборочная функция распределения статистических вероятностей на рисунке 4.

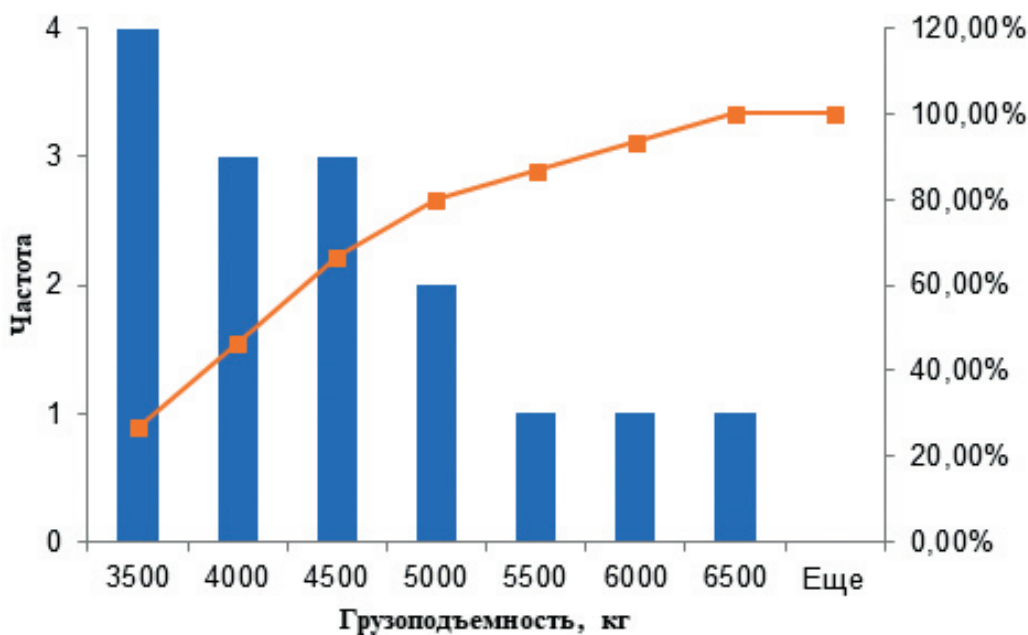


Рисунок 4. Гистограмма и выборочная функция распределения статистических вероятностей

Исходя из полученной гистограммы и выборочной функции распределения статистических вероятностей генеральной совокупности грузоподъемности от 3000 кг до 6500 кг можно сделать вывод, что функция нарастает до 100%, при этом с увеличением грузоподъемности подъемника снижается частота выбора, что доказывает использование более универсальных подъемников со сниженной грузоподъемностью.

Эффективность использования подъемников на автосервисах зависит от системы организации работ и насколько точно определен предстоящий объем работ по каждому конкретному автомобилю, сколько рабочих одновременно работает на подъемнике, как организована доставка запасных частей и материалов к посту. Немаловажными являются такие факторы, как надежность самих подъемников, их ремонтпригодность и приспособленность к ТО, существующая система ТО и ремонта подъемников, а также периодичность их технического обслуживания. Эффективность использования подъемников для автомобилей на СТО автосервиса оценивается группой оперативных (временных) и экономических (стоимостных) показателей. К оперативным показателям относятся: среднее время обслуживания одного автомобиля на подъемнике, коэффициент полезного использования подъемника $K_{ис}$, пропускная способность подъемника $K_{пр}$. При этом к экономическим критериям относятся: средняя трудоемкость обслуживания одного автомобиля $T_{ср}$, коэффициент использования подъемника по трудоемкости $K_{итт}$, стоимость проведенных работ C_n , сьем услуг с одного подъемника $C_{усл}$. Помимо оперативных и экономических показателей для оценки эффективности использования подъемников используются дополнительные показатели: коэффициент оснащенности технологических зон $K_о$, количество агрегатов автомобиля $n_а$, доступность к агрегатам автомобиля, удобство работы, коэффициент использования подъемника по грузоподъемности $k_{гр}$, коэффициент использования полезной площади $k_{пл}$.

Ниже приведены в качестве примера пять автосервисов с различными видами работ, которые являются распространенным большинством и самым трудоемким [Таб. 4].

Таблица 4. Название автосервисов с видами работ

Виды работ	Allur Auto Astana	Crystal Renault Astana	АВТОМИР ЦЕНТР Мазда	Toyota City Astana	АС «ЭКЛИПС»
Мойка	+	+	-	+	-
ТО	+	+	+	+	+
Гарантийное обслуживание	+	+	-	+	-
Слесарные	+	+	+	+	+
Жестяно-сварочные	+	+	+	+	+
Проверка установки колес	+	+	+	+	+

4. Выводы

С целью проведения анализа эффективности использования подъемников обследован ряд типовых автосервисов различной мощности, в результате чего было выявлено, что подъемники для автомобилей применяются на зонах: приемки, мойки, ТО, ремонта в кузовном цехе. Загруженность постов по среднему числу автомобилеязездов в значительной степени меняется в зависимости от времени года. В весенне-летний период наиболее загружены зоны ТО, ремонта и диагностики, а в осенне-зимний возрастают слесарные и жестяно-сварочные работы.

Самая большая пропускная способность поста с применением подъемника – в зонах смазки и диагностики. В зонах ТО и кузовных работ пропускная способность поста намного ниже. Заниженное значение коэффициента использования подъемника по времени объясняется большими потерями времени на въезд и съезд автомобиля с подъемника, а также простоями из-за несвоевременного обеспечения запасными частями и материалами.

Список литературы

1. Костюченкова О.Н., Нуркушева С.А. Обзор применения подъемно-транспортного оборудования на автосервисе. Изд-во: КГСХА им. Т.С. Мальцева, Лесниково, – 2020. – 686-689с.
2. Костюченкова О.Н., Нуркушева С.А. К вопросу обоснования классификаций предприятий автотранспорта и технологического оборудования предприятий автосервиса, Актуальные проблемы АПК и инновационные пути их решения, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева (Лесниково), УДК: 621.9.067:621.865(045), – 2021. – 371-374 с.
3. Напольский Г.М., Зенченко В.А., Обоснование спроса на услуги автосервиса и технологический расчет станции технического обслуживания легковых автомобилей. 2000. – 83 с.
4. Костюченкова О.Н., Валге А.М. Использование Excel и MathCAD при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства. Учебное пособие. Астана, – 2017, – 168 с.
5. Burian, M., Havlik, J., Folta, Z., Trochta, M. and Marsalek, P. (2014) 'Solution the Drive Lifting Scissor Platforms', Modern Methods of Construction Design, pp. 19-26.
6. Takesue, N., Komoda, Y., Murayama, H., Fujiwara, K. and Fujimoto, H. (2016) 'Scissor lift with real-time self-adjustment ability based on variable gravity compensation mechanism', Advanced Robotics, 30(15), pp. 1014-1026.
7. Tao, L., Jian, S. and Ieee (2009) 'Simulative Calculation and Optimal Design of Scissor Lifting Mechanism', Ccdc 2009: 21st Chinese Control and Decision Conference, Vols 1-6, Proceedings, pp. 2079.

8. Zhang, W., Wang, X. X. and Wang, L. W. (2012) 'Strength Optimization Design of Box-shape Arms of a Scissor Lift Mechanism with Single Hydraulic Cylinder', *Functional Manufacturing and Mechanical Dynamics Ii*, 141, pp. 513-+.
9. Zhang, W., Zhang, X. F., Yan, C., Xiang, S. J. and Wang, L. W. (2015) 'A characteristic triangle method on input vectors of scissor lift mechanism and its applications in modeling and analysis', *Journal of Advanced Mechanical Design Systems and Manufacturing*, 9(3).
10. Gong, J., Zhang, D. Q., Guo, Y., Tang, Z. Y., Liu, C. S., Hu, P., Zhao, Y. M., Quan, W. C. and Jin, Y. P. (2020) 'Potential energy recovery method based on alternate recovery and utilization of multiple hydraulic cylinders', *Automation in Construction*, 112.
11. Ma, Y. L., Lin, L., & Liu, X. W. (2011). Kinematics and Dynamics Analysis of the Lifting System of a Welding and Tube-Transferring Car for Deepwater Pipe-Laying Vessels. *Advanced Materials Research*, 199-200, 32-40. doi:10.4028/www.scientific.net/amr.199-200.32.
12. Balabaev O.T., Sarzhanov D.K., Abishev K.K., Kostyuchenkova O.N., Kozhukhova M.V., Improvement of the lift balcony type for vehicles, Republican scientific-theoretical conference "SEYFULLIN READINGS – 12: Youth in Science – the Innovative Potential of the Future" S. Seifullin KazATU, Astana, 2016.
13. https://en.heshbon.com/index.php?mid=Down_1&page=2&document_srl=1967 (дата обращения: 07.09.2022)
14. https://en.heshbon.com/index.php?mid=Down_1&page=2&document_srl=1951 (дата обращения: 07.09.2022)
15. https://nordberg.ru/catalog/product/?cat_id=844 (дата обращения: 07.09.2022)
16. https://nordberg.ru/catalog/product/?cat_id=849 (дата обращения: 07.09.2022)
17. <http://www.proalign.ru/images/pdf/manuBERG-4455.pdf> (дата обращения: 07.09.2022)
18. <https://www.mkslift.ru/catalog/product/1688/> (дата обращения: 07.09.2022)
19. <https://dm-astana.kz/p56653200-podemnik-dvuhstoechnyj-45t.html> (дата обращения: 07.09.2022)
20. https://ravaglioli.com/wp-content/uploads/2019/03/RAV_4505L_4655L_02.pdf (дата обращения: 07.09.2022)
21. <https://ravaglioli.com/wp-content/uploads/2017/02/RAV-PT-2C-KPN-306HE-04-RUS.pdf> (дата обращения: 07.09.2022)
22. <https://rotarylif.com/wp-content/uploads/2019/11/Rotary-ATO77.pdf> (дата обращения: 07.09.2022)
23. <https://rotarylif.com/product/spoa10/> (дата обращения: 07.09.2022)
24. https://kz.sivik.ru/catalog/avtopodyemnoe_oborudovanie/dvukhstoechnye/pga_5000249/ (дата обращения: 07.09.2022)
25. https://trommelberg.ru/fcatpic/man_TST45SW.pdf (дата обращения: 07.09.2022)
26. https://kz.sivik.ru/catalog/avtopodyemnoe_oborudovanie/dvukhstoechnye/pga_3500/ (дата обращения: 07.09.2022)

С.А. Нуркушева¹, М. Бембенек², О.Н. Костюченкова¹

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

² AGH Краков университеті, Краков, Польша

Астана қаласының автотехникалық қызмет көрсетуде көтергіш жабдықтарды қолдануға шолу

Аңдатпа. Бұл мақалада жеңіл автомобильдерге арналған автомобиль көтергіштерін тиімді пайдалану мәселесі, сондай-ақ Астана қаласының автосервистеріндегі көтергіштердің техникалық параметрлерін талдау қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – Автосервис кәсіпорындарында көтергіштерді қолданудың тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыру үшін теориялық негіздер құру. Зерттеу объектісі көтергіш жабдықты қолдана отырып, автосервисің еңбек өнімділігі болып табылады. Қолданыстағы құрылымдарды шолуды талдау негізінде қолданыстағы көтергіштерді бағалауға мүмкіндік беретін АВТО көтергіштердің жаңа түрлерін

жаңарту және құру мақсатында жіктеу жасалды. Қазақстан астанасында қолданылатын көтергіштердің жекелеген түрлерін салыстыру нәтижелері, оларды пайдалану тиімділігін арттыру мақсатында тиімділікті бағалау және оларды автосервисте қолдану критерийлері келтірілген.

Түйін сөздер: автокөлік көтергіш, көтергіш жабдық, автосервис, арба жабдығы, көтергіштердің жіктелуі, статистикалық талдау.

S. Nurkusheva¹, M. Bembenek², O. Kostyuchenkova¹

¹ S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan

² AGH University of Krakow, Krakow, Poland

Overview of the use of lifting equipment in auto maintenance in Astana

Abstract. This article discusses the problem of the effective use of car lifts for passenger cars, as well as the analysis of the technical parameters of lifts at car service stations in Astana. The purpose of the study is to create theoretical foundations for improving the efficiency and safety of the use of lifts at car service enterprises. The object of the study is the labor productivity of a car service with the use of lifting equipment. Based on the analysis of the review of existing structures, a classification has been developed in order to modernize and create new types of lifts, which allows you to evaluate existing lifts. The results of comparing individual types of lifts that are used in the capital of Kazakhstan, criteria for evaluating the effectiveness and their use at a car service station in order to increase the efficiency of their use are presented.

Keywords: car lift, lifting equipment, car service lift, equipment for cars, classification of lifts, statistical analysis.

References

1. Kostyuchenkova O.N., Nurkusheva S.A. Review of the use of lifting and transport equipment at a car service, Publishing house: Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltseva, Lesnikovo, 2020. – 686-689 p.
2. Kostyuchenkova O.N., Nurkusheva S.A., To the question of justification of classifications of motor transport enterprises and technological equipment of car service enterprises, Publishing house: Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltseva, Lesnikovo, 2021.- 371-374 p.
3. Napolskiy G.M., Zenchenko V.A. Justification of the demand for car service services and technological calculation of the passenger car service station. – M.: Publishing house “Moscow Automobile and Highway State University (MADI)”, 2000. – 83p.
4. Kostyuchenkova O.N., Valge A.M., The use of Excel and MathCAD when conducting research on the mechanization of agricultural production. Training manual. Astana 2017, 168 p.
5. Burian, M., Havlik, J., Foltá, Z., Trochta, M. and Marsalek, P. (2014) ‘Solution the Drive Lifting Scissor Platforms’, Modern Methods of Construction Design, pp. 19-26.
6. Takesue, N., Komoda, Y., Murayama, H., Fujiwara, K. and Fujimoto, H. (2016) ‘Scissor lift with real-time self-adjustment ability based on variable gravity compensation mechanism’, Advanced Robotics, 30(15), pp. 1014-1026.
7. Tao, L., Jian, S. and Ieee (2009) ‘Simulative Calculation and Optimal Design of Scissor Lifting Mechanism’, Ccdc 2009: 21st Chinese Control and Decision Conference, Vols 1-6, Proceedings, pp. 2079-+.
8. Zhang, W., Wang, X. X. and Wang, L. W. (2012) ‘Strength Optimization Design of Box-shape Arms of a Scissor Lift Mechanism with Single Hydraulic Cylinder’, Functional Manufacturing and Mechanical Dynamics Ii, 141, pp. 513-+.
9. Zhang, W., Zhang, X. F., Yan, C., Xiang, S. J. and Wang, L. W. (2015) ‘A characteristic triangle method on input vectors of scissor lift mechanism and its applications in modeling and analysis’, Journal of Advanced Mechanical Design Systems and Manufacturing, 9(3).

10. Gong, J., Zhang, D. Q., Guo, Y., Tang, Z. Y., Liu, C. S., Hu, P., Zhao, Y. M., Quan, W. C. and Jin, Y. P. (2020) 'Potential energy recovery method based on alternate recovery and utilization of multiple hydraulic cylinders', *Automation in Construction*, 112.
11. Ma, Y. L., Lin, L., & Liu, X. W. (2011). Kinematics and Dynamics Analysis of the Lifting System of a Welding and Tube-Transferring Car for Deepwater Pipe-Laying Vessels. *Advanced Materials Research*, 199-200, 32-40. doi:10.4028/www.scientific.net/amr.199-200.32.
12. Balabaev O.T., Sarzhanov D.K., Abishev K.K., Kostyuchenkova O.N., Kozhukhova M.V., Improvement of the lift balcony type for vehicles, Republican scientific-theoretical conference "SEYFULLIN READINGS – 12: Youth in Science – the Innovative Potential of the Future" S. Seifullin KazATU, Astana, 2016.
13. https://en.heshbon.com/index.php?mid=Down_1&page=2&document_srl=1967 (accessed: 07.09.2023)
14. https://en.heshbon.com/index.php?mid=Down_1&page=2&document_srl=1951 (accessed: 07.09.2023)
15. https://nordberg.ru/catalog/product/?cat_id=844 (accessed: 07.09.2023)
16. https://nordberg.ru/catalog/product/?cat_id=849 (accessed: 07.09.2023)
17. <http://www.proalign.ru/images/pdf/manuBERG-4455.pdf> (accessed: 07.09.2023)
18. <https://www.mkslift.ru/catalog/product/1688/> (accessed: 07.09.2023)
19. <https://dm-astana.kz/p56653200-podemnik-dvuhstoechnyj-45t.html> (accessed: 07.09.2023)
20. https://ravaglioli.com/wp-content/uploads/2019/03/RAV_4505L_4655L_02.pdf (accessed: 07.09.2023)
21. <https://ravaglioli.com/wp-content/uploads/2017/02/RAV-PT-2C-KPN-306HE-04-RUS.pdf> (accessed: 07.09.2023)
22. <https://rotarylift.com/wp-content/uploads/2019/11/Rotary-ATO77.pdf> (accessed: 07.09.2023)
23. <https://rotarylift.com/product/spoa10/> (accessed: 07.09.2023)
24. https://kz.sivik.ru/catalog/avtopodyemnoe_oborudovanie/dvukhstoechnye/pgs_5000249/ (accessed: 07.09.2023)
25. https://trommelberg.ru/fcatpic/man_TST45SW.pdf (accessed: 07.09.2023)
26. https://kz.sivik.ru/catalog/avtopodyemnoe_oborudovanie/dvukhstoechnye/pgs_3500/ (accessed: 07.09.2023)

Сведения об авторе (авторах):

С.А. Нуркушева – докторант, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

М. Бембенек – доктор технических наук, профессор, АГН Краковский университет, Ал. Адама Мицкевича 30, Краков, Польша.

О.Н. Костюченкова – кандидат технических наук, PhD, старший преподаватель, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

С.А. Нуркушева – докторант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

М. Бембенек – техника ғылымдарының докторы, профессор, АГН Краков университеті, Ал. Адам Мицкевич 30, Краков, Польша.

О.Н. Костюченкова – техника ғылымдарының кандидаты, PhD, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

S. Nurkusheva – PhD student, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

M. Bembenek – Doctor of Technical Sciences, Professor, AGH University of Krakow, al. Adam Mickiewicz 30, Krakow, Poland.

O. Kostyuchenkova – Candidate of Technical Sciences, PhD, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

Г.Н. Байгужина¹, А.Б. Сағатбекова¹, Г.А. Утепова¹, Л.Б. Изанова^{*2}

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Астана, Қазақстан

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
E-mail: gul_8989@mail.ru., ako.90@mail.ru, gau1962@bk.ru, *dabylova.laura@mail.ru

Техникалық қызмет көрсету көлемін оңтайландыру негізінде моделі У35.615 гидромеханикалық беріліс қорабы сенімділігін арттыру

Аңдатпа. Пайдалану сенімділігін жасау шығындарын есептеу гидромеханикалық беріліс қорабындағы (ГМБҚ) беріліс қорабының (БҚ) бұзылуын жойып, оның жұмысының қалпына келу процестерінің заңдылықтарын жою кезінде ағымдағы жөндеу жұмыстарының сипаты ескерілді. Жетіспеушіліктің негізгі функциясын есептеу компьютердің жұмыс істеу қабілеттілігін қалпына келтіру үдерістеріне, соның ішінде электрондық есептеуіш машина (ЭЕМ) әзірленген компьютерлік модельдеу бағдарламасының көмегімен жалпы стационарлық емес үдерістерге қатысты жүзеге асырылады.

Түйін сөздер: гидромеханикалық беріліс қорабы, ЭЕМ, компьютерлік модельдеу, фронтальді тиегіш, жиі істен шығатын бөлшектер.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-147-155

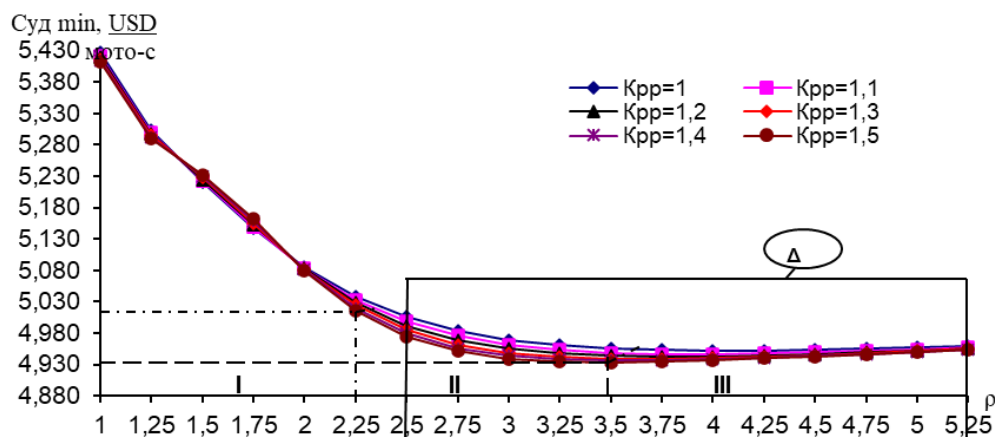
Кіріспе. Машина қондырғысының сенімділігін арттыру үшін бірлескен ауыстыру бөліктерінің ең сенімді топтарының (I, II, III) сенімділігін арттыру арқылы ағымдағы жөндеу санын азайту ұсынылады.

Ол мақсатта моделі У35.615 ГМБҚ-ның БҚ-ның жиі істен шығатын бөлшектерінің құнын және ресурстық көрсеткіштерін арттыру үшін ЭЕМ модельдеу жүргізілді [1].

БҚ (I бөлшектер тобы) бөлшектерінің ең аз сенімді тобының сенімділік көрсеткіштерін ЭЕМ моделдеу нәтижелерін қарастырайық [2]. Сонымен қатар, операциялық сенімділікті қамтамасыз ету шығындарын модельдеу сәтсіздіктің өзгеру сипатын ескере отырып жасалды, яғни, ақаулық ағынының жетекші функциясына негізделген. Бұған қоса, тұтастай алғанда моделі У35.615 ГМБҚ-ның БҚ сенімділік көрсеткіштері ескеріледі.

Компьютерлік модельдеу нәтижесінде ең төменгі жиынтық бірліктердің $C_{y\partial \min}$ құнын бақылау құралдарының құрамдас бөліктерінің ең аз сенімді I тобы ұзақ уақытқа тәуелділігі анықталды.

1 суретте ең аз сенімді бөлшектердің ұзақ қызмет етуін арттыруды имитациялау кезіндегі $C_{y\partial \min}$ өзгерістердің сипаты көрсетілген. Қарастырылып жатқан бөлшектер тобының ұзақ қызмет ету уақытытының өсуімен, ең төмен орташа жалпы соммалық шығын төмендейді.



Сурет 1. Моделі У35.615 ГМБҚ-ның БҚ-ның бөлшектері тобының аз сенімді ресурстарының өзгеруіне байланысты, ең төменгі жалпы шығындарының динамикасы

Моделі У35.615 ГМБҚ-ның БҚ ең аз сенімді бөлігінің ұзақ қызмет ету мерзімін арттыруды $\rho = 3,5$ есе ұлғайтуды модельдеу кезінде $C_{y\delta min}$ ең төменгі мәнге жетеді, содан кейін пропорционалды өсім құнын ұлғайту нәтижесінде шығындар өсуде.

Зерттеу әдістері. Бөлшектердің ресурс қорының артуы есебінен $C_{y\delta min}$ динамикасын талдау, индекс өзгерісінің үш сипаттамалық аймағын анықтап көрсетуге мүмкіндік береді. Алғашқы аймақ тиімдірек (ρ -нің мәндер ара қашықтығында – 2,25), мұнда басқару тетіктерінің ең аз сенімді тобындағы ресурстың ұлғаюы байқалады. Екінші аймақ индикатордың ең төменгі мәніне жеткенше $C_{y\delta min}$ төмендеу көрсеткіші баяулағанда жеткілікті тиімді емес (ρ -нің міндер ара қашықтығы 2,25 ден 3,5 дейін). Бірінші және екінші аймақтар арасындағы шекара сенімділік көрсеткішінің ең үлкен өзгерісінен α мәнімен анықталады (80% шегінде α шамасы сенімділік теориясында көрсеткіштердің қолайлы мәндерін орнату үшін пайдаланылады). Үшінші аймақ тиімсіз (3,5 және одан жоғары аралық мәндер аралығындағы) $C_{y\delta min}$ өсуі басталады.

Тәжірибелік маңызы тұрғысынан, модельдеу кезінде бірінші және екінші аймақтардың болуы ЭЕМ модельдеу арқылы бұрыннан бар БҚ конструкцияларын жаңарту үшін оның сенімділігін шектейтін, бірлескен бірін-бірі ауыстыру топтарын арттыру қажеттілігін көрсетеді. Сонымен қатар қаралатын түйіннің , сенімділігі ең аз бөлшектер тобының қызметі ұзақтығын арттыру арқылы жаңғырту (жақсарту) жағдайында ол екінші аймақта (іс-шараның экономикалық негіздемесі тұрғысынан) шығындар мәні $C_{y\delta min}$ азайтылуы керек.

Олай болмаған жағдайда, қарастырылған бөлшектер тобының ұзақ қызмет ету мерзімінің $C_{y\delta min}$ өсуімен, мәндер үшінші аймақта орналасады. $C_{y\delta min}$ ең аз мәнге жету сәтінде компьютерде имитациялық процесті тоқтату қажет, өйткені басқару тетіктерінің ең аз сенімді топтарының ұзақ уақыттық тұрақтылығын одан әрі имитациялау арқылы қол жеткізілген оң нәтиженің жойылуына әкеледі.

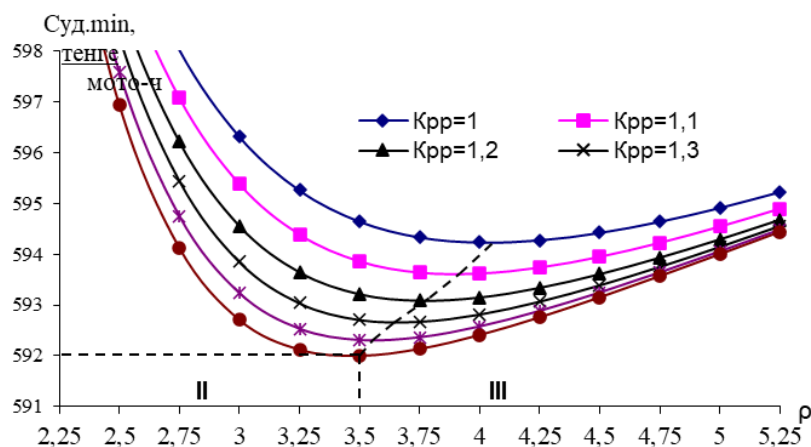
Зерттеу барысында әзірленген математикалық модель, есептеу бағдарламалары агрегаттың бөлшектерінің және түйіндердің өндірістік сапасының ($C_{y\delta min}$, n , t_{opt} , $T_{до}$) өнімділік сенімділік көрсеткіштерін арттыруға мүмкіндік береді.

Бұл жағдайда өндірістің сапасының өзгеруін бағалау үшін бөлшектің (бөлшектер тобына) ресурстың шашырау коэффициенті пайдаланылды. Әрине, вариация коэффициентінің неғұрлым төмен болуы (ресурстың шашырауы), бөлшектердің (бөлшектердің тобы) сапасы неғұрлым жоғары екендігіне көз жеткізілген [3].

2-суретте ресурстың өзгеруіне және моделі У35.615 ГМБҚ-ның БҚ-ның сенімділігі ең аз бөлшектерінің ресурстарын өзгертуіне және шашырау коэффициентіне байланысты минималды жалпы шығындардың динамикасы ұсынылған.

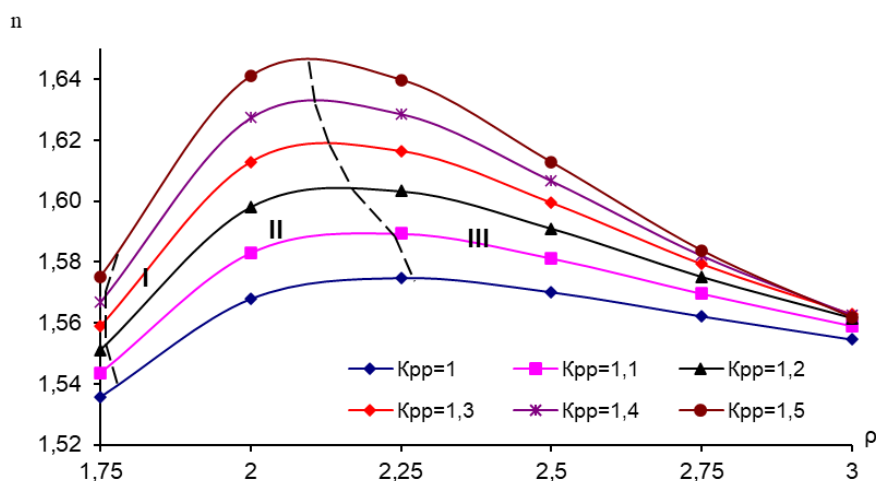
Көрініп тұрғандай, сенімділігі ең аз сенімді бөлшектер тобын дайындау сапасын жоғарылату жағдайында, ЭЕМ модельдеу үшін $C_{y0\ min}$ минималды мәндер ρ мәндерінің төмен мәніне қол жеткізіледі. Атап айтқанда, $K_{pp} = 1,5$ ең төменгі мәнге жеткен кезде, $C_{y0\ min} \rho = 4,0$ қол жеткізіледі.

ЭЕМ модельдеу сенімділігі төмен бөлшектер тобын жасау сапасының $C_{y0\ min}$ төмендеу үлгісін анықтауға мүмкіндік береді (2-сурет).



Сурет 2. У35.615 моделі ГМБҚ-ның БҚ-ның бөлшектері аз сенімді тобы ресурсының өзгеруімен оның сейілуіне байланысты жалпы минималды суммарлық орташа шығындардың динамикасы

Зерттеу барысында шығындар коэффициентінің әсерін анықтауға, ресурстарды көбейту коэффициентіне және қоректенудің ең нашар топтарының ресурстың У35.615 моделі ГМБҚ-ның БҚ n тұтастай алғанда сенімділік деңгейі бойынша салыстырмалы шашырауын азайтуға көп көңіл бөлінді. Нысанның өзгеру сипатын талдау кезінде беріліс қорабының ең аз сенімді бөлігінің ұзақ қызмет ету көрсеткіштерінің жақсаруынан үш аймақты ρ факторы бойынша ажыратуға болады (сурет-3).



Сурет 3. У35.615 ГМБҚ-ның БҚ ең аз сенімді топтағы ресурстарының өзгеруіне байланысты сенімділік деңгейі кезеңдерінің сипаттамасы

Алғашқы аймақ (p -нің ара-қашықтығы 1,75-ке дейін) тиімді болып табылады, мұнда n сенімділігінің деңгейінің ең көп ұлғаюы ГМБҚ-ның БҚ сенімділігі ең аз бөлшектерінің ресурстық өсуі нәтижесінде байқалады.

Екінші аймақ жеткілікті тиімді емес (аралық мәндер 1,75-тен 2,25-ке дейін аралықта), егер қаражат инвестициясына қарамастан көрсеткіштер ең жоғарғы мәнге жеткен сәтте n өсу қарқыны баяулайды.

Үшінші аймақ тиімсіз (2.25 және p одан жоғары аралықта), онда ең жоғары мәнге жеткенде n төмендейді.

3-суретте келтірілген тәуелділіктердің талдауы, $p > 2.25$ -дегі У35.615 үлгісіндегі БҚ-ның ең нашар топтарының одан әрі жетілдірілуінің тиімсіздігін көрсетеді. Бұл шартты орындамау, осы қарастырылып отырған агрегаттың сенімділік деңгейінің төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Моделі У35.615 ГМБҚ-ның БҚ сенімділігі төмен бөлшектерінің сенімділік деңгейін ЭЕМ модельдеу нәтижесінде оның сенімділік деңгейінің жақсару шегі анықталады.

ГМБҚ-ның БҚ құны коэффициентінің сенімділік деңгейінің динамикасының, қарастырылған бөлшектер тобының ресурсының артуы және ресурстық шашыраудың жоғарылауы, ГМБҚ-ның БҚ бөліктерінің тобына шығындар мен ресурстардың пропорционалды ұлғаюымен оның жақсару шегін көрсетеді (4 сурет).

Бөлшектер тобының ресурсы $q = 2.25$ дейін артады, ал ресурстық шашырау 1,5 есе азаяды, сенімділік деңгейі n ең жоғарғы мәніне – 1,65 дейін жетеді. Осыдан кейін, басқару құралдарының төмендеуі, ГМБҚ-ның БҚ сенімді бөлшектерінің пропорционалды өсіп келе жатқан құнын ұлғайтудың салдарынан басталады.

У35.615 ГМБҚ-ның БҚ-ның ең сенімді топтарының ресурсын ұлғайтуды модельдеу кезінде белгілі бір шегіне дейін БҚ сенімділігі артатыны анықталған (3-сурет). Осылайша, $T_{до}$ беріліс қорабының сенімділік көрсеткішінің динамикасында оның өсу қарқының бәсеңдеу үрдісі байқалады.

Жетілдірілген бөлшектердің (бөлшектердің тобы) қызмет ету мерзімінің ұзақтығының жоғарылауы ГМБҚ-ның БҚ-ның жұмыс уақытының алғашқы істен шығуға дейін жоғарылауына мүмкіндік бермейтіндіктен, ол шектеуден үлкенірек болады, сондықтан тек бір бөлшектер тобы ресурсының (ең аз сенімді) өсуіне байланысты $T_{до}$ өсу мүмкіндігі іс жүзінде таусылады. Содан кейін ГМБҚ-ның БҚ-ның келесі сенімсіз бөліктерін жетілдіруді модельдеуді имитациялау керек.

Моделі У35.615 ГМБҚ-ның БҚ-ның бірінші істен шығуына дейін БҚ №1 және №5 бөлшектерінің қарастырылып отырған қалған бөлшектері жалпы үлестік шығындарды, сенімділік деңгейін және бірінші істен шығуға дейінгі уақытты есептеу үшін ұқсас нәтижелер алынды.

1-ші кесте моделі У35.615 ГМБҚ-ның БҚ-ның қызмет көрсету мерзімінің сенімділік көрсеткіштерін ЭЕМ модельдеу әдісімен жетілдіру нәтижелері келтірілген [4,6].

Кесте 1. Моделі У35.615 ГМБҚ –ның БҚ сенімділік көрсеткіштерін ЭЕМ модельдеу арқылы анықтау

Сенімділіктің көрсеткіштері	Бастапқы мәні	№1 бөлшектер топтары	№2 бөлшектер топтары	№4 бөлшектер топтары
Бірліктің жалпы минималды шығыны $C_{y0 \min}$, тенге/мото-с	600	592	600	610
Сенімділік деңгейі n	1,25	1,65	1,58	1,5

Осылайша, ЭЕМ (сенімділік тұрғысынан) модельдеу нәтижесінде Амкодор 342С-04 бір шөмішті фронтальді тиегіштерінің моделі У35.615 ГМБҚ-ның БҚ сенімділігін шектейтін бөлшектер топтарын жетілдіру техникалық және экономикалық өлшем бойынша оның сенімділік көрсеткіштерінің оптималды мәндерін анықтай алды.

Сенімділік деңгейіне көшу және ЭЕМ модельдеу жасау бір құрылымдық-технологиялық аймақта орналасқан бөлшектер топтарының ресурстарын біріктіруге мүмкіндік берді.

Зерттеу барысында ағымдағы жөндеу жұмыстарының көлемін оңтайландыру мақсатында алты АЖТ-дан У35.615 ГМБҚ-ның БҚ моделінің жобалау және технологиялық өнімділігін есепке ала отырып, үш АЖТ-ді құру ұсынылды.

Сонымен қатар 3-құрылымдық-технологиялық аймақта орналасқан №1 және №2 бөлшектер топтары АЖТ 3-ке біріктірілген; 2-ші құрылымдық-технологиялық аймақта орналасқан № 3 және № 4 бөліктердің топтары АЖТ 2-ге біріктірілген, №5 және №6 бөліктерінің топтары АЖТ 1-де (2-кесте) біріктірілген.

Кесте 2. Амкодор 342 С-04 тиегішінің моделі У35.615 ГМБҚ –ның БҚ-ның рационалдық картасы (бөлшектердің ұзақтылығын есепке ала отырып, БҚ сенімділігін лимиттендіретін)

АЖТ атауы және оның тағайындалуы	ТЖ дейінгі орташа жұмыс айналымы (қабылданған), мың. мото-сағ	Пайдаланылған технологиялық жабдықтар, құралдар (типі, моделі)	Уақыт нормасы, адам.-с*		Қосалқы бөлшектердің қажеттілігі			
			постта	учасқде	Бөлшектердің атауы, Каталог бойынша нөмірі (сызбасы)	Ауысу коэффициенті	100 АЖТ-ге	
							саны	Бағасы, мың. тенге
1	2	3	4	5	6	7	8	9
АЖТ 1 Тағайындалуы: -БҚ жұмысқа қабілеттілігін қайта қалпына келтіру – турбиналық білік	10,7	Посттағы жұмыстар үшін: Жүк көтеру мүмкіндігі бар көтеру құрылғысы: 1000 (кг) Гайканың кілті 1.541.0004 Трубаның кілті RWUn Учаскелік жұмыстар үшін: Круглогубцы RSKn-200 Круглогубцы RSKm-200 Съемник 1.549.0002 Мысты балға 1.519.0750 Айгөлекті орнататын стержень 1.547.0018 Орнатылған втулка 8N54-65/85x300 Орнатылған втулка 8N54-66/85x250	1,6	5,8	325-011-366 фрикциялық диск У3 5.61501.065 поршень 881-07-9016 тығыздағыш сақина 476-07-2044 тығыздағыш сақина диск У3 5.615-01.062 тірек дискісі У3 5.615-01.068 мойынтірек 42210.8338 тегершік У3 5.615-01.200 жетекші диск У 35 .615-01.072фрикциялық диск	1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0	100 100 100 100 100 100 100 100 100 100	958,2 253,4 123,6 121,8 732,6 758,9 112,6 1230,6 668,5

АЖТ 2 Тағайындалуы: – БҚ жұмысқа қабілеттілігін қайта қалпына келтіру – аралық білігінің бөлшектерін ауыстыру)	12,7	Посттағы жұмыстар үшін: Жүк көтеру мүмкіндігі бар көтеру құрылғысы: 1000 (кг) Гайканың кілті 1.541.0004 Трубаның кілті RWUn Учаскедегі жұмыстар үшін: Зубило 8N24-5 Круглогубцы RSKm-200 Круглогубцы RSKn-200 Съемник «SandvirBelze» 4542-B Мысты балға 1.519.0750 Бағыттаушы 325-01-000/4, 21.547.0010 Айгөлекті орнататын стержень 1.547.0018 Втулка 8N54-76/95 Орнатылған втулка 8N54-65/85x300 Орнатылған втулка 8N54-66/85x250 Циферблатты микрометриялық индикатор MDAa-10/1	1,6	8,8	У35.605-00.531 жұмыс ауқымының жетекші тегершігі,	1,0	100	1503,2
					У35.605-00.537 көлік ауқымының жетекші тегершігі,	1,0	100	1302,5
					У35.605-00.536 көлік ауқымының жетекші тегершігі,	1,0	100	42,3
					М48x1,5.1!871 сомы	1,0	100	38,5
					U35.615-01.058 шайба,	1,0	100	115,4
					U35.615-01.505 сақина,	1,0	100	320,6
					50411.2893 мойынтірек	1,0	100	115,4
					В 55 .13942 сақина	1,0	100	1503,2
					311.8338 мойынтірек	1,0	100	125,2
					У35.605-00.536 берілістің жетекші тегершігі екінші (төртінші)	1,0	100	1205,2
У35.615-01.304-02, төлке								
У35.605-00.547 аралық иін								
АЖТ 3 Тағайындалуы: – БҚ жұмысқа қабілеттілігін қайта қалпына келтіру – артқы жүрісті және баяу жылдамдықты біліктердің бөлшектерін ауыстыру	14,6	Посттағы жұмыстар үшін: Жүк көтеру мүмкіндігі бар көтеру құрылғысы: 1000 (кг) Гайканың кілті 1.541.0004 Трубинаның кілті RWUn Учаскелік жұмыстар үшін: Круглогубцы RSKn-200 Круглогубцы RSKm-200 Съемник 1.549.0002 Мысты балға 1.519.0750 Съемник «SandvirBelze» 4542-B Айгөлекті орнататын стержень 1.547.0018 Орнатылған втулка 8N54-65/85x300 Орнатылған втулка 8N54-66/85x250 Бағыттаушы 3.547.1042 Бағыттаушы 1.547.0200	1,6	4,1	У 35.615-01.302 кері басқарылатын беріліс шестернясы,	1,0	100	1230,6
					У35.615-01.305 кері қозғалтқыш иінінің шассіі,	1,0	100	1510,2
					У35.615-01.301 кері бағыт иіні, 53608.24696	1,0	100	1210,8
					айгөлегі,	1,0	100	320,6
					308.8338 айгөлегі,	1,0	100	489,4
					У35.615- 01.303-01	1,0	100	1317,8
					тығыздау сақинасы,	1,0	100	132,5
					В 9 0.13133 тығыздау сақинасы, 35.6 15-01.035	1,0	100	125,5
					қақпақ,			
					U35.615-01.304 втулкасы.			
Ескертпе – Орындаушының кәсібі және біліктілігі – слесарь, 4 разряд								

Талқылау. Алынған нәтижелердің тәжірибелік маңыздылығы ЭЕМ модельдеу әдісімен бөлшектердің топтарының құнына өсім коэффициентінің мәнін анықтайды, Амкодор 342С-04 фронтальды жүк тиегіштерінің моделі У 35.615 ГМБҚ-ның БҚ осы жұмыстағы агрегаттық ресурстарының өсуіне байланысты [5,7].

Бұрынырақ анықталғандай, ГМБҚ-ның БҚ сенімділігін қамтамасыз ету шығындарын оңтайландыру үшін, №3 бөлшектер тобының қызмет ету уақытын ұзарту 1,13 есе, №5 – 1,15 есе, ал № 1 – 2,05 есе арттыруға болады. Бұл БҚ сатып алуға және оның қызмет ету қабілеттілігін 13,44% -ға сақтауға жұмсалатын жалпы шығындардың көлемін азайтады.

Сонымен қатар У35.615 моделінің БҚ моделінің жұмыс сенімділігін сақтауға арналған шығындардың үнемделуі оңтайлы ресурс болады:

$$\Delta C_{nn}(t) = C_{nnucx}(t) - C_{nnpoo}(t) = 12972 - 6542,3 = 6429,7 \quad \text{теңге.}$$

100 автомобильді парк үшін шартты түрде 1800 мото-сағ тең У35.615 ГМБҚ-ның БҚ үлгісімен жабдықталған Амкодор 342С-04 фронтальді тиегіштерінің жыл сайынғы жұмысының ұзақтығы жыл сайынғы экономикалық тұрғыдан келесі тиімділікті береді:

$$\mathcal{E}_{год} = \frac{N_{cn} \cdot T_{год} \cdot \Delta C_{nn}(t)}{Тонн} = \frac{100 \cdot 1800,0 \cdot 6429,7}{7982} = 144994,5 \quad \text{теңге,}$$

немесе бір жылға 100 машина 0,153 млн теңге. У35.615 моделі ГМБҚ-ның БҚ толықтай іске қосылған жағдайда, әзірленген ұсыныстарды пайдаланудың экономикалық тиімділігі 73%-ға артып, жылына 100 машинаға 2,265 млн құрайды.

Қорытынды

Моделі Амкодор 342С-04 тиегіштерін жөндеудің технологиялық ерекшеліктерін талдау нәтижелері бойынша олардың сенімділігін шектейтін бөлшектер мен компоненттердің қызмет ету мерзімінің ұзақтылығы мен құнын ескере отырып, модельі У35.615 ГМБҚ-ның БҚ-ның сенімділігін арттыру үшін ұсыныстар әзірленді. Әзірленген ұсыныстарға тән ерекшелік – ЭЕМ модельдеу негізінде Моделі У35.615 ГМБҚ-ның БҚ-ның ағымдағы жөндеу жұмыстарының ұтымды кешенінің қалыптасуына ғылыми негізделген тәсіл. Құрастырылған ұсыныстарға АЖТ карталары кіреді. Жоғарыда көрсетілгендей, оларды пайдалану құрылғыны жөндеу санын, сондай-ақ оның сенімділігін сақтауға жұмсалатын шығындарды едәуір қысқартуы мүмкін[63].

Бұл ұсыныстар қолданбалы сипатқа ие және тәжірибелік қолдану үшін жедел кәсіпорындар тұрғысынан жарамды. Осыған байланысты, зерттеу барысында әзірленген АЖТ карталар моделі У35.615 ГМБҚ БҚ бөлшектер топтарының сенімділігін көрсете отырып, ГМБҚ беріліс қорабының жұмыс сенімділігін жоғарылату бойынша ұсынымдарға енгізілді.

Әдебиеттер тізімі

1. Определяющая роль науки в развитии строительного и дорожного машиностроения // Строительные и дорожные машины. – 2006. – № 4. – б. 2 (электронды ресурс <http://new.sdmpress.ru>)
2. Современные тенденции в создании строительных машин // Строительные и дорожные машины. – 2005. – № 7. – б.10-13. (электронды ресурс <http://new.sdmpress.ru>)
3. Затраты на техническое обслуживание окупаются // Строительные и дорожные машины. – 2008. – №3. –б. 33-35; №5. – б. 41-42 (электронды ресурс <http://new.sdmpress.ru>).
4. Муздыбаева А.С., Кульсеитов Ж.О. Управление надежностью технических систем на примере гидромеханических передач машин. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2007. – 216 б.

5. Nilsson, T., Fröberg, A., Åslund, J. Predictive control of a diesel electric wheel loader powertrain // Control Engineering Practice. – 2015. – Vol. 41. – pp. 47–56 (электронный ресурс <https://www.scopus.com/>).

6. <http://amkodor.by/about/history/> Белорусия, Амкодор Холдинг (дата обращения: 20.08.22)

7. Кульсеитов Ж.О., Муздыбаев М.С., Жандарбекова А.М. Оптимизация показателей надежности коробки передач гидромеханической трансмиссии одноковшового фронтального погрузчика методом моделирования на ЭВМ // «Поиск». – Алматы, 2008. – №4. – б. 240-245.

Г.Н. Байгужина¹, А.Б. Сагатбекова¹, Г.А. Утепова¹, Л.Б. Изанова²

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени
С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Повышение надежности гидромеханической коробки передач модели у35. 615 на основе оптимизации объемов технического обслуживания

Аннотация. Расчет затрат на создание эксплуатационной надежности при устранении неисправностей коробки передач в гидромеханической коробке передач и устранении закономерностей восстановительных процессов ее работы учитывался характер текущих ремонтных работ. Расчет основной функции дефицита осуществляется в отношении процессов восстановления работоспособности компьютера, в том числе в целом нестационарных процессов с помощью программы компьютерного моделирования, разработанной электронно-вычислительной машиной (ЭВМ).

Ключевые слова: гидромеханическая коробка передач, ЭВМ, компьютерное моделирование, фронтальный погрузчик, частый отказ деталей.

G. Baiguzhina¹, A. Sagatbekova¹, G. Utepova¹, L. Izanova²

¹S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Improving the reliability of the hydromechanical gearbox model u35. 615 based on the optimization of maintenance volumes

Abstract. Calculation of the costs of creating operational reliability when troubleshooting gearbox in the hydromechanical gearbox and eliminating the regularities of the restoration processes of its operation took into account the nature of the ongoing repair work. Calculation of the main deficit function is carried out in relation to the processes of restoring computer operability, including non-stationary processes in general, using a computer simulation program developed by a computer.

Keywords: hydromechanical gearbox, computer, computer modeling, front loader, frequent failure of parts.

References

1. The defining role of science in the development of construction and road engineering // Construction and Road Vehicles. – 2006. – No. 4. – B. 2 (electronic resource <http://new.sdmprpress.ru>)

2. Modern trends in the creation of construction machines // Construction and Road Machines. – 2005. – No. 7. – b.10-13. (electronic resource <http://new.sdmprpress.ru>)

3. Maintenance costs are paid off // Construction and Road Vehicles. – 2008. – No.3. –b. 33-35; No. 5. – b. 41-42 (electronic resource <http://new.sdmprpress.ru>)

4. Muzdybayeva A.S., Kulseitov J. On Reliability management of technical systems on the example of hydromechanical transmissions of machines. –Ust-Kamenogorsk: EKSTU, 2007. – 216 b.

5. Nilsson, T., Fröberg, A., Åslund, J. Predictive control of a diesel electric wheel loader powertrain// Control Engineering Practice. – 2015. – Vol. 41. – pp. 47–56 (электронный ресурс <https://www.scopus.com/>).
6. <http://amkodor.by/about/history/> Belarus, Amkodor Holding (accessed: 20.08.22)
7. Kulseitov Zh.O., Muzdybayev M.S., Zhandarbekova A.M. Optimization of reliability indicators of the transmission of the hydromechanical transmission of a single-bucket front loader by computer modeling// "Search". – Almaty, 2008. – No. 4. – b. 240-245.

Сведения об авторах:

Г.Н. Байгужина – техника ғылымдарының магистрі, ассистент, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

А.Б. Сагатбекова – ғылым магистрі, аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

Г.А. Утепова – аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

Л.Б. Изанова – техника ғылымдарының магистрі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Г.Н. Байгужина – магистр технических наук, ассистент, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

А.Б. Сагатбекова – магистр наук, старший преподаватель, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

Г.А. Утепова – старший преподаватель, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

Л.Б. Изанова – магистр технических наук, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

G. Baiguzhina – Master of Technical Sciences, Assistant, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

A. Sagatbekova – Master of Sciences, Senior Lecturer, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

G. Uteпова – Senior Lecturer, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

L. Izanova – Master of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

А.М. Жандарбекова^{1*}, М.И. Арпабеков², К.А. Мурзабекова³

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Астана, Қазақстан

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті,
Астана, Қазақстан

³Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан
E-mail: *azhandarbekova@bk.ru

Астана қаласының көлік түйіндерінде қозғалысты басқару тиімділігін арттыру мәселелері

Аңдатпа. Қазіргі таңда көлік кептелістері Астана қ. көше-жол желісінде қозғалысты басқарудың ең өзекті мәселелерінің біріне айналды. Қаланың көптеген көшелері (даңғылдары) көлік кептелістерінің жүйелі туындауымен сипатталады. Көлік кептелістерінің ұлғаюы, көлік құралдарының жоғары тығыздығы мен қозғалыс қарқындылығы көше-жол желісі қызметінің тиімділігін төмендеуіне әсер етіп, жол апаттары туындауының негізгі себептерінің біріне айналды. Бұл жағдай әсіресе көше-жол желісінің көліктік түйіндерінде (қиылыстарында) жиі орын алады. Көше қиылыстарындағы қозғалыс кідірістерінің әсері кептелістердің жиі туындауына, қатынас жылдамдығының төмендеуіне, жанармайдың негізсіз артық тұтынылуына және көлік құралдарының түйіндері мен агрегаттарының тозуына әкелетіні белгілі.

Қалалық бюджетте қаражат тапшылығы жағдайында жол қозғалысын ұйымдастырудың өзекті әдістерінің бірі көлік ағындарын басқару тиімділігін арттыру болып табылады.

Бұл мақалада Астана қ. Қабанбай батыр мен Ұлы Дала даңғылдарының қиылысында қозғалыс кідірістерін азайту, көлік ағындарының ең ұтымды таралуын қамтамасыз ету мақсатында бағдаршам нысанын басқару тиімділігін арттыру мәселелері

Қарбалас уақыт кезеңдерінде қозғалыс қарқындылығын анықтау бойынша шынайы бақылаулар арқылы зерттеу нәтижелері алынды, Қабанбай батыр мен Ұлы Дала даңғылдарының қиылысында фазалық тарату сұлбасы және бағдаршам нысаны жұмыс режимін түзетуге негіздеме жасалды. Оның негізінде бағдаршамдық реттеу циклі құрылымының өзгеруімен сол жақ бұрылысты бөліп, көлік ағындарының ең ұтымды таралуын қамтамасыз ететін ұсыныстар жасауға мүмкіндік бар.

Түйін сөздер: көше-жол желісі, көлік құралдары, көлік түйіні, көше қиылысы, бағдаршам нысаны, бағдаршамдық реттеу циклі, қозғалыс қарқындылығы, қозғалысты басқару, көлік ағыны.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-156-166

Кіріспе

Көше-жол желісіндегі кептеліс жағдайлары қалалық жоспарлаудың маңызды аспектісі болғандықтан көлік құралдары (КҚ) тіркелуінің өсуіне және көлікке деген сұранысқа байланысты шешілуі тиіс күрделі мәселеге айналды [1]. Бағдаршаммен реттеу

қиылыстардағы (көлік түйіндеріндегі) кептелістерді азайтудың ең тиімді әдістерінің бірі болғандықтан көлік ағындарын басқарудың маңызды құралы болып табылады [2].

Халық санының және автокөлік құралдары тіркелуінің өсуі жол-көлік оқиғаларының (ЖКО) және олардың зардаптарының ауырлығын болжау құралдарының бірі екені белгілі [3]. Соңғы он жылда Астана қ. халық санының және жеңіл автокөліктердің тіркелуіне байланысты айтарлықтай өсу динамикасына куә болдық (1-кесте). Соңғы онжылдықта (2012-2021 жж.) Астана қ. халқының саны 40% жуық, ал автокөліктер саны 16% жуық өсіп, 270 мың бірліктен асты (1-сурет) [4]. 2022 ж. соңына қарай елорда халқы 1340782 адам санына жетті.

1-кесте. Астана қ. халық санының және автокөліктер тіркелуінің өсу динамикасы (2012-2021 жж.)

Жыл-дар	Халық саны, адам	Өсу/ төмендеу, %	Жеңіл КҚ саны, мың бірлік	Өсу/ төмендеу, %	Халықты жеңіл автокөліктермен қамтамасыз ету, 1000 адамға бірлік	Өсу/ төмендеу, %
2012	778083	5,48	233,6	12,90	287	8,71
2013	814401	4,67	236,5	1,24	278	-3,14
2014	852882	4,73	248,9	5,26	276	-0,72
2015	872655	2,32	244,5	-1,77	263	-4,71
2016	972692	11,46	246,9	0,94	249	-5,32
2017	1030577	5,95	250,9	1,63	233	-6,43
2018	1070196	3,84	261,1	4,08	230	-1,29
2019	1078384	0,77	270,7	3,67	221	-3,91
2020	1184411	9,83	273,1	0,88	231	4,52
2021	1295711	9,40	273,7	0,23	211	-8,66

Құрылыс аймағын игеруді ескеретін Астана қ. даму жоспарына сәйкес 2035 ж. дейін елорда халқының саны 1 228 800-ден (2022 ж. нақты деректер) 2 081 800-ге дейін (2035 ж. болжамды деректер) өседі деп болжануда [5]. Қала құрылысының негізгі аумағы Астана қ. сол жағалауы болғандықтан баламалы жолдарсыз «көлік коллапсы» туындауы мүмкін және бұл мәселені шешу үшін кез-келген құрылыс объектісін салудан бұрын көлік инфрақұрылымын жоспарлау маңызды. Осыған байланысты қаланың өсу қарқынын, көлік ағынының таралуын үнемі жоспарлау қажеттігі туындайды. Белгілі бір уақыт аралығында қозғалыс қарқындылығының (трафигінің) қалай өзгертетіні, яғни тәуліктің әртүрлі кезеңдеріндегі оның шамасының ауытқуын білу қажет. Бұл мәселені көлік инфрақұрылымының ажырамас бөлігі болып табылатын интеллектуалды көлік жүйесін дамыту арқылы тиімді шешуге болады.

Көлік кептелістерінің жиілеуі, КҚ қозғалысының жоғары тығыздығы мен қарқындылығы КЖЖ жұмыс істеуі тиімділігінің төмендеуіне, нәтижесінде ЖКО және оның ауырлық салдарының өсуіне әсер етеді. Соңғы кезде Астана қ. сол жағалау ауданының КЖЖ қиылыстарында көлік кідірістері артып, оның салдары кезектер мен кептелістердің жиі туындауына, қатынас жылдамдығының төмендеуіне әкелетіні байқалады.

Астана қ. көлік кешенін басқаруда Қабанбай батыр мен Ұлы Дала даңғылдарының қиылысында жол қозғалысының айтарлықтай қиындау жағдайы орын алады. Осы зерттеуде аталған қиылыста бағдаршам нысаны (БН) жұмыс режимін түзету қажеттілігіне негіздеме жасау қарастырылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу барысында бастапқы ақпаратты жинау үшін ҚР Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігінің ұлттық статистика бюросының мәліметтері, ҚР Бас прокуратурасының Құқықтық статистика және арнайы есепке алу комитетінің деректері, көлік ағыны көрсеткіштерін шынайы бақылаулар нәтижелері қолданылды.

Статистикалық талдау, көлік ағынының көрсеткіштерін шынайы бақылау (зерттеу), бағдаршам нысаны жұмыс режимін талдау әдістері қолданылды.

Алынған нәтижелер

Қазіргі таңда Қабанбай батыр және Тұран даңғылдарының арасындағы аумақтағы қарқынды құрылыстың әсерінен (3038 пәтерге арналған 7 үй) және Тұран даңғылынан Айтматов көшесіне дейінгі Ұлы Дала даңғылының бойындағы жолдың тез ашылуына байланысты БН қолданымдағы жұмыс режимі көлік ағынының ағымдағы және болжамды қарқындылығына сәйкес келмейтіні анықталды. Зерттеу аумағы «Ботаникалық бақ», «ЭКСПО-2017» кешеніне жақын орналасқан (1 сурет).

Қабанбай батыр мен Ұлы Дала даңғылдарының қиылысындағы көлік кептелістеріне байланысты (Керей Жәнібек хандар көшесінен және Ұлы Дала даңғылынан солға бұрылу жерінде) шынайы бақылаулар жүргізілді. Осыған орай, қарастырылған қиылыстың БН жұмыс режимін ағымдағы қозғалыс қарқындылығы шамасына сәйкес түзету қажеттілігі туындайды.



Сурет 1. Көлік ағымы көрсеткіштеріне шынайы бақылаулар жүргізу учаскесі

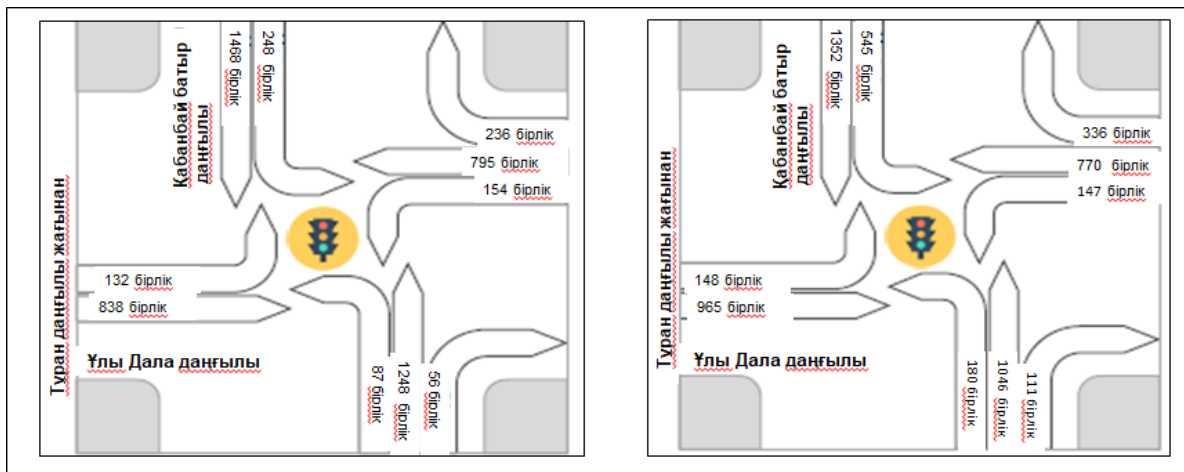
Зерттеу аумағында қозғалысты ұйымдастырудағы елеулі қиындықтар жұмыс күнінің басталуы мен аяқталуы кездеріндегі тәуліктің таңертеңгі және кешкі уақыттарында қозғалыс қарқындылығының күрт өсуімен (көбінесе тәуліктің орташа мәніне қарағанда 2-4 есе көп) байланысты ең жоғары жүктемелер туындайтыны анықталды. Сонымен қатар, жоғары қарқындылықтағы көлік ағындарын өткізуге байланысты қиындықтар «қақтығыс нүктелерінің» болуымен арта түсетіні байқалады.

Қарастырылған қиылыстың ағымдағы жағдайын талдау Бұхар Жырау көшесі жағынан Қабанбай батыр даңғылы бойында сол жақ бұрылысқа қозғалыстың жоғары сұранысын көрсетеді. Сонымен қатар, Ұлы Дала даңғылында (әсіресе Тұран даңғылы жағынан) №26 бағдардың қалалық жолаушылар көлігі қозғалысының жиі кешігуі орын алады. Осы кезеңде қиылыстың солға бұрылыстары көп жолақты көшеге шығатын болғандықтан ЖКО негізгі себептерінің біріне айналды. Статистикалық деректерге сәйкес, 2022 ж. қорытындысы бойынша қарастырылып отырған жол учаскесі апат ошағы болып табылады, бұл жерде жаяу жүргіншілерге соққы (қағып кету) және КҚ соқтығысуымен байланысты төрт ЖКО тіркелген (2 сурет) [6].



Сурет 2. Қарастырылған жол учаскесінде ЖКО топографиялық талдау нәтижелері (2022 ж. 12 айы бойынша)

Аталған қиылыста орнатылған бейнекамералардың мүмкіндіктері қолданылып, қозғалыс қарқындылығы шамасын анықтау үшін шынайы бақылаулар арқылы зерттеу жүргізілді. 3 суретте келтірілген цифрограмма Қабанбай батыр даңғылы мен Ұлы Дала даңғылымен салыстырғанда таңертеңгі және кешкі қарбалас уақыт кезеңдерінде қозғалыс қарқындылығы шамасы басым және сұранысы жоғары екенін көрсетеді.

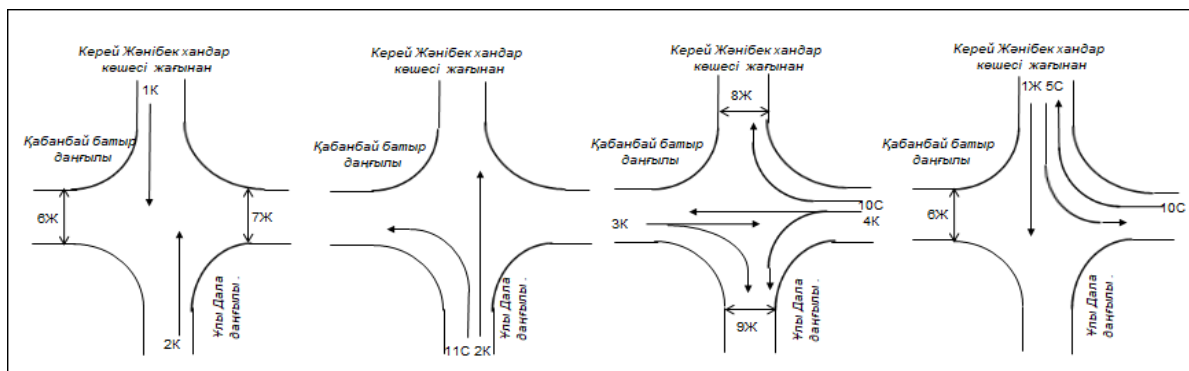


а - таңертеңгі қарбалас сағат

в - кешкі қарбалас сағат

Сурет 3. Қабанбай батыр мен Ұлы Дала даңғылдарының қиылысындағы көлік ағыны қарқындылығының цифрограммасы

Қабанбай батыр мен Ұлы Дала даңғылдарының қиылысындағы БН жұмыс режиміне талдау жасалып, бұл қиылыста тәуліктің әр кезеңіндегі қозғалыс қарқындылығының шамасы ескерілетін бірнеше бағдарламалы бағдаршам режимі енгізілгені анықталды. Яғни, жұмыс және демалыс күндеріне арналған бағдаршам режимінің үш бағдарламалы жұмысы қарастырылған. 4 суретте мысал ретінде осы қиылыстың БН фазалық тарату сұлбасы және бағдаршам режимінің бірінші бағдарламасының жұмыс кестесі келтірілген. Айта кету қажет, 2019 ж. бастап Астана қ. ҚЖЖ қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында шетелдік тәжірибені талдау негізінде бағдаршамның жасыл жыпылықтау сигналының жану ұзақтығын 4 секунд шамасында белгілеу туралы шешім қабылданған.



Бағдарлама №1 (жұмыс күндері 7:15 -09:30), демалыс күндері: 00:00 -24:00

Цикл	Цикл ұзақтығы -103 с																	
	1 синхрондалатын				2				3				4					
Фазалар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Тақт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Уақыт, сек	2	23	4	3	2	9	4	3	2	20	4	3	2	13	4	3	1	1
1К	Ж	Ж	ЖЖ	С	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	ҚС	Ж	ЖЖ	С	ҚС	ҚС
2К	Ж	Ж	Ж	Ж	Ж	Ж	ЖЖ	С	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	ҚС	ҚС
3К	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	ҚС	Ж	ЖЖ	С	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ
4К	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	ҚС	Ж	ЖЖ	С	К	К	К	К	К	К
5С	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Ж	ЖЖ	К	К	К
6С	Ж	Ж	ЖЖ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Ж	Ж	Ж	Ж	Ж
7Ж	Ж	Ж	ЖЖ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ
8Ж	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Ж	ЖЖ	С	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ
9Ж	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Ж	ЖЖ	С	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ
10С	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Ж	Ж	Ж	Ж	Ж	ЖЖ	Қ	Қ	Қ	Қ
11С	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Ж	ЖЖ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ

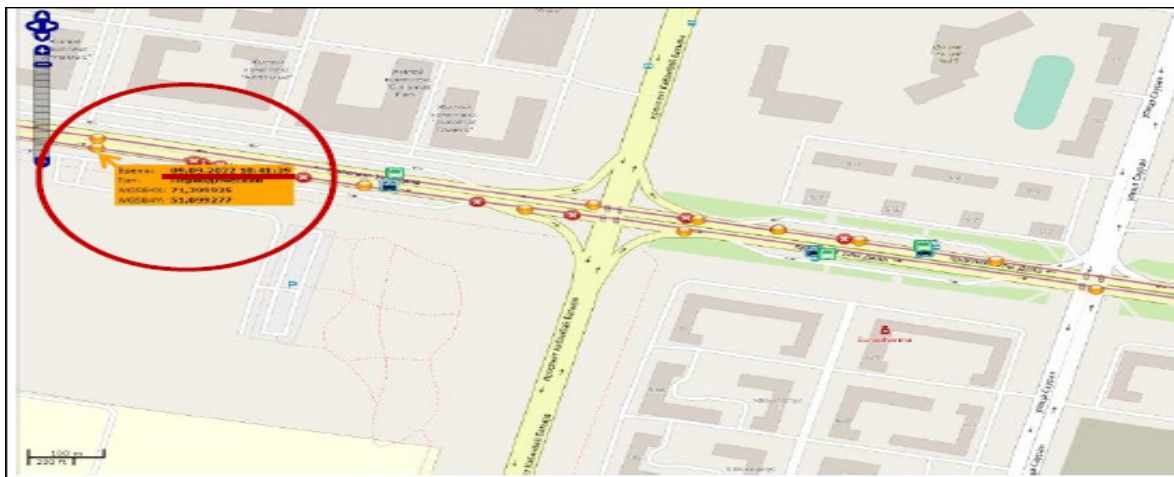
Ж жасыл ЖЖ жасыл жыпылықтау Қ қызыл ҚС қызыл мен сары С сары

Сурет 4. Қабанбай батыр және Ұлы Дала даңғылдарының қиылысындағы фазалық тарату сұлбасы және БН жұмыс режимі (16.08.2022 ж. №1 бағдарлама)

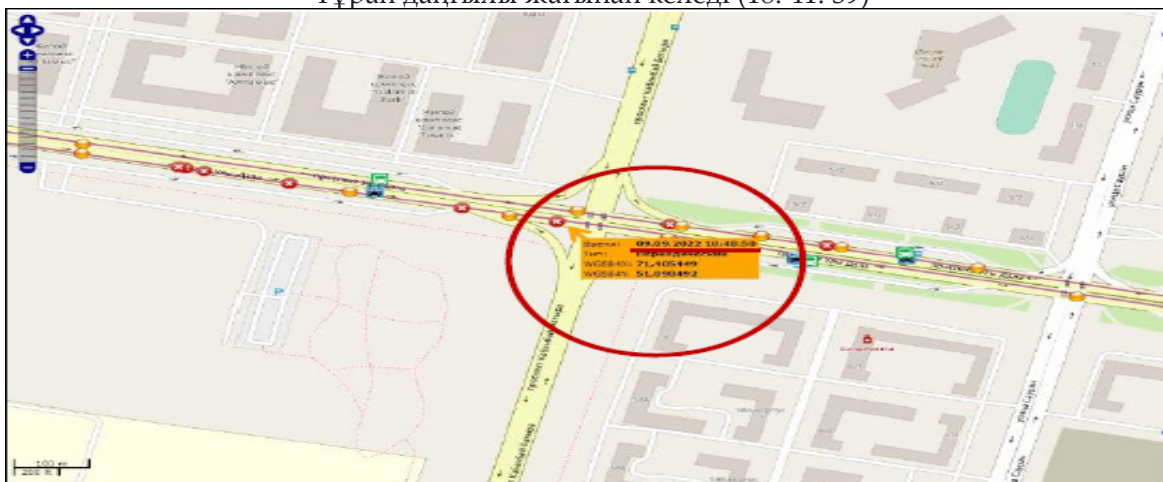
Қабанбай батыр мен Ұлы Дала даңғылдарының қиылысы аумағында жол қозғалысын ұйымдастырудың жағдайын талдау қолданымдағы көлік жүйесінің жұмыс істеу мәселелерін анықтауға мүмкіндік берді. Оның негізгілерінің бірі көлік желісінің өткізу қабілетінің ағымдағы қозғалыс қарқындылығына сәйкес келмеуі.

Тәулік бойы бақыланатын қозғалыс қарқындылығы шамасының өзгеруі бағдарлам жұмысы циклінің және рұқсат (жасыл, жасыл жыпылықтау) сигналдарының ұзақтығын түзетуді қажет етеді. Сонымен қатар, шынайы бақылауларға сүйене отырып арақашықтығы 700 м құрайтын бір аялдамадан келесі аялдамаға дейінгі учаскеде қалалық жолаушы көлігінің 10 мин. шамасында уақыт жоғалтатыны анықталды [7].

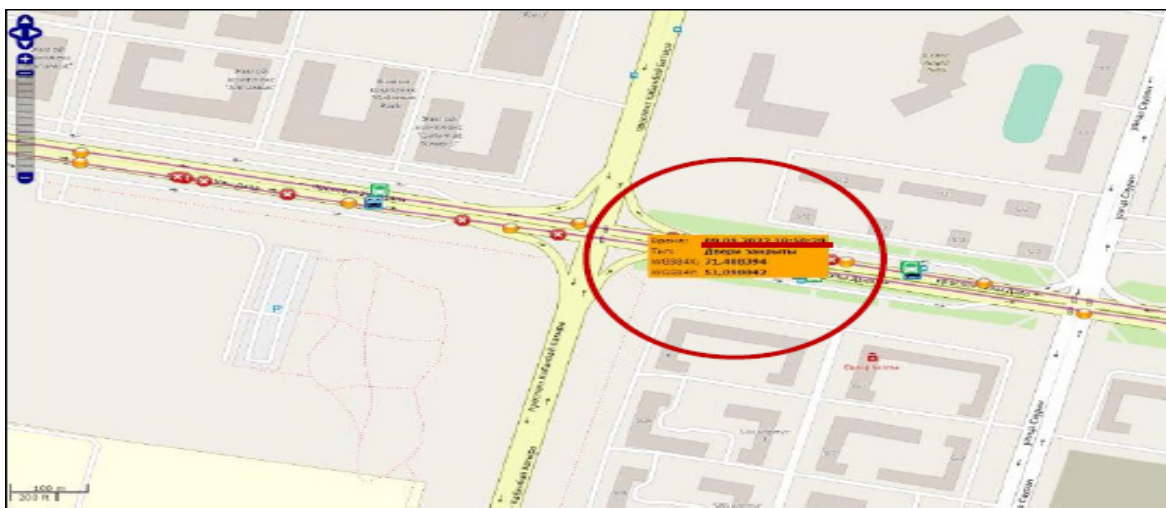
Сонымен, орындалған шынайы бақылаулардың нәтижесінде қарастырылған учаскеде жол қозғалысын ұйымдастырудың қолданымдағы сұлбасы көлік ағындарына жеткілікті тиімді қызмет көрсетпейтіні анықталды (5 сурет). Осы қиылыста тәуліктің әр кезеңдерінде қозғалыс қарқындылығы шамасының өзгеруі ескерілетін көлік ағынының қозғалысын модельдеу арқылы ұсыныстар құрастыруға мүмкіндік бар. Бұл мәселені тиімді шешу үшін көлік ағыны қозғалысын модельдеу бағдарламаларының қолдану қажет [8, 9].



а) Автобус аялдама пунктiнен шығып, кезектiң соңына Тұран даңғылы жағынан келедi (18:41:39)



б) Автобус Қабанбай батыр мен Ұлы дала даңғылдарының қиылысына келедi (18:48:50)



с) Автобус келесi аялдама пунктiне келедi – «ЭКСПО- 2017» (18:50:29)

Сурет 5. № 26 бағдардағы автобус қозғалысының кешігуден зерттеуден фрагмент

Талқылау

Қабанбай батыр және Ұлы Дала даңғылдарының қиылысындағы КҚ кідірістерін азайту мәселесін шешу үшін фазалық тарату сұлбасын түзету бойынша ұсыныстар құрастырудың негізі болып табылады. Солға бұрылудың өткізу қабілетін арттыру үшін БН реттеу циклінің ұзақтығын және оның элементтерін Вебстер әдістемесі қолданылып, арнайы есептеулер жүргізіледі [10].

Қақтығыстық нүктелер санын, көлік кідірістерін азайту және солға бұрылу кезінде қауіпсіздікті жақсарту үшін келесі әдістерді қолдану ұсынылады [11]:

- қарама-қарсы бағытталған ағынды кесу әдісі;

- бағдаршамдық реттеудің жеке фазасында сол жақ айналмалы қозғалысты бөлу.

Бірінші әдіс қозғалыс қарқындылығы төмен уақыт кезеңдерінде қолдану қолайлы, мұнда КҚ бір бөлігі қарсы бағыттағы КҚ қозғалысына жол беріп, солға бұрылады, ал бір бөлігі маневрді қиылыстың ортасынан бағдаршамның сары сигналына дейін кезек туындатпай аяқтай алады. Алайда, көлік ағымы қарқындылығының жоғарылауымен қарсы бағыттағы қозғалысқа жол беріп солға бұрылуы қиындап, қиылыстың алдында кезек туындай бастайды. Бұл жағдайда бағдаршамдық реттеу циклінің және сәйкесінше қиылыстағы кідірістер уақытының ұзаруына әкелетін солға бұрылу фазасын бөлуді қарастыратын екінші әдісті қолданған дұрыс [11]. Бірақ, тәжірибе көрсеткендей бұл әдісті қозғалыс қарқындылығының шамасы жоғары емес уақыт кезеңдерінде қолдану экономикалық тұрғыдан ақталмайды.

Қорытынды

Шынайы бақылаулар арқылы зерттеу жүргізу нәтижесінде Астана қ. ҚЖЖ Қабанбай батыр мен Ұлы Дала даңғылдарының қиылысында жол қозғалысын ұйымдастырудың ағымдағы жағдайына байланысты бірқатар мәселелер анықталды. Осы қиылыста көлік ағынын таратуда қозғалыс қарқындылығы шамасының ауытқуын ескеріліп БН жұмыс режимін түзету қажеттілігіне негіздеме жасалды.

Сонымен қатар, қарастырылған учаскеде қалалық жолаушылар көлігі қозғалысының мәселелеріне айрықша көңіл бөлінді, атап айтқанда, көлік кептелістері салдарынан №26 бағдарда автобус қозғалысының қиындауына аталған қиылыстың БН жұмыс режимінің ықпалы анықталды.

Осы зерттеудің жалғасында Қабанбай батыр даңғылынан солға бұрылудың және Ұлы Дала даңғылының бойындағы тік бағыттағы қозғалыстың өткізу қабілетін арттыру үшін рұқсат сигналының жануын ұзартуды көздейтін, Қабанбай батыр даңғылының іргелес қиылыстарында БН синхронды жұмысының сақталуын қамтамасыз ететін фазалық тарату сұлбасын және БН жұмыс режимін түзету бойынша ұсыныстар беріледі. Қарастырылған көлік түйінінде қозғалысты басқару тиімділігін арттыру мақсатында көлік ағындары қозғалысын модельдеу арқылы, кептеліс жағдайларын алдын алуға және жоюға мүмкіндік беретін іс-шаралар құрастырылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Eom M., Kim B.-I. The traffic signal control problem for intersections: a review *Transport Research Review* (2020). Қолжетімдік режимі: <https://doi.org/10.1186/s12544-020-00440-8>
2. Lee, S., Wong, S. C., & Varaiya, P. (2017). Group-based hierarchical adaptive traffic-signal control part I: Formulation. *Transportation Research Part B: Methodological*, 105, 1–18.
3. Burcu Oralhan and Ziya Gökalp Göktolga Determination of the Risk Factors That Influence Occurrence Time of Traffic Accidents with Survival Analysis /*Iran J Public Health*. 2018 Aug; 47(8): 1181–1191. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6123587/>

4. <https://stat.gov.kz> (дата обращения: 18.11.2022)
5. Новый генплан Астаны: что снесут, где будут новые школы и какие районы соединит ЛРТ. Қолжетімділік режимі: https://informburo.kz/stati/novyi-genplan-astany-cto-snesut-gde-budut-novye-skoly-i-kakie-raiony-soedinit-lrt_1668593083 (дата обращения: 18.11.2022)
6. <https://www.gov.kz/memleket/Комитет по правої статистике и специальным учетом Генеральной прокуратуры РК> (дата обращения: 10.02.2023)
7. <https://yandex.kz/maps/163/astana/?ll=71.435806%2C51.143974&z=12> (дата обращения: 02.02.2023)
8. <https://www.ptvgroup.com/ru/reshenija/produkty/ptv-vissim/> (дата обращения: 10.02.2023)
9. <https://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 15.02.2023)
10. Кременец Ю.А., Печерский М.П., Афанасьев М.Б. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академия», 2005. – 279 с.
11. М.А. Кузьмина, А.П. Бруев Повышение эффективности управления движением в транспортных узлах путем применения адаптивных исполнительных элементов/ Вестник СГТУ. 2013 №2 (71). Выпуск 2. С. 299-302.

А.М. Жандарбекова¹, М.И. Арпабеков², К.А. Мурзабекова³

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

³Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан

Вопросы повышения эффективности управления движением в транспортных узлах города Астаны

Аннотация. Актуальность. На сегодняшний день транспортные заторы стали одной из самых актуальных проблем управления движением на улично-дорожной сети г. Астаны. Для многих улиц (проспектов) города характерным становится возникновение систематических транспортных заторов. Увеличение транспортных заторов, высокая плотность и интенсивность движения транспортных средств снижают эффективность функционирования улично-дорожной сети и, как следствие, являются одной из основных причин возникновения дорожных аварий.

Особенно остро она проявляется в узловых пунктах (перекрестки) улично-дорожной сети. Здесь увеличиваются транспортные задержки, образуются очереди и заторы, что вызывает снижение скорости сообщения, неоправданный перерасход топлива и повышенное изнашивание узлов и агрегатов транспортных средств.

В условиях дефицита средств в городском бюджете одним из актуальных способов организации движения является повышение эффективности управления транспортными потоками.

В данной статье рассмотрены вопросы повышения эффективности управления светофорным объектом на пересечении Кабанбай батыра и Улы Дала г. Астаны с целью снижения задержек движения, обеспечения наилучшего распределения транспортных потоков.

Выводы: Получены результаты натурных наблюдений по определению интенсивности движения в часы пик, дано обоснование корректировки схемы пофазного разъезда и режима работы светофорного объекта на пересечении проспектов Кабанбай батыра и Улы Дала, что позволит выделить левый поворот с изменением структуры цикла светофорного регулирования, обеспечивая наилучшее распределение транспортных потоков.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, транспортные средства, транспортный узел, пересечение, светофорный объект, цикл светофорного регулирования, интенсивность движения, управление движением, транспортный поток.

A. Zhandarbekova¹, M. Arpabekov², K. Murzabekova³

¹S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University, Astana, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

³Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan

Issues of increasing the traffic management efficiency in the transport hubs of the city of Astana

Abstract. Relevance. To date, traffic congestion has become one of the most urgent problems of traffic control on the road network of Astana. For many streets (avenues) of the city, the occurrence of systematic traffic jams is becoming characteristic. The increase in traffic congestion, high density and traffic intensity of vehicles reduce the efficiency of the road network, as a result, have an impact on the growth in the number of traffic accidents.

It is especially acute in the nodal points (crossroads) of the road network. Here, transport delays increase, queues and congestion are formed, which causes a decrease in the speed of communication, unjustified excessive fuel consumption and increased wear of vehicle components and assemblies.

In the context of a fund shortage in the city budget, one of the relevant ways to organize traffic is to increase the efficiency of traffic management.

This article discusses the issues of improving the efficiency of managing a traffic light object at the intersection of Kabanbai Batyr and Uly Dala in Astana, in order to reduce traffic delays and ensure the best distribution of traffic flows.

Conclusion: The results of field observations were obtained to determine the intensity of traffic during peak hours, the justification was given for adjusting the phase-by-phase passing scheme and the operation mode of the traffic light object at the intersection of Kabanbay Batyr and Uly Dala avenues, which will make it possible to identify a left turn with a change in the structure of the traffic light control cycle ensuring the best distribution of traffic flows.

Keywords: road network, vehicles, transport hub, intersection, traffic light object, traffic light control cycle, traffic intensity, traffic control, organization of left-hand traffic, traffic flow.

References

1. Eom M., Kim B.-I. The traffic signal control problem for intersections: a review *Transport Research Review* (2020). URL: <https://doi.org/10.1186/s12544-020-00440-8>
2. Lee. S.. Wong. S. C.. & Varaiya. P. (2017). Group-based hierarchical adaptive traffic-signal control part I: Formulation. *Transportation Research Part B: Methodological*. 105. 1–18.
3. Oralhan B., Göktolga Z.G. Determination of the Risk Factors That Influence Occurrence Time of Traffic Accidents with Survival Analysis/*Iran J Public Health*. 2018 Aug; 47(8): 1181–1191. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6123587/>
4. <https://stat.gov.kz> (accessed: 18.11.2022)
5. Novyy genplan Astany: Chto Snesut. Gde Budut Novyye Shkoly I Kakiye Rayony Soyedinit LRT. URL: https://informburo.kz/stati/novyi-genplan-astany-cto-snesut-gde-budut-novye-skoly-i-kakie-raiony-soedinit-lrt_1668593083 (accessed: 18.11.2022)
6. <https://www.gov.kz/memleket/Komitet-po-pravoy-statistike-i-spetsialnym-uchetam-Generalnoy-prokuratury-RK> (accessed: 10.02.2023)
7. <https://yandex.kz/maps/163/astana/?ll=71.435806%2C51.143974&z=12> (accessed: 02.02.2023)
8. <https://www.ptvgroup.com/ru/resheniya/produkty/ptv-vissim/> (accessed: 10.02.2023)
9. <https://www.tadviser.ru/index.php/> (accessed: 15.02.2023)
10. Kremenets Yu.A., Pecherskiy M.P., Afanasyev M.B. *Tekhnicheskiye sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya: Uchebnik dlya vuzov*. – M.: IKTs «Akademiya». 2005 -279 s.
11. Kuzmina M.A., Bruyev A.P. Povysheniye effektivnosti upravleniya dvizheniyem v transportnykh uzлах putem primeneniya adaptivnykh ispolnitelnykh elementov/ *Vestnik SGTU*. 2013 №2 (71). Vypusk 2. S 299-302.

Авторлар туралы мәлімет:

А.М. Жандарбекова – техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

М.И. Арпабеков – техника ғылымдарының докторы, профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

К.А. Мурзабекова – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Логистика және көлік академиясы, Шевченко көш., 97, Астана, Қазақстан.

А.М. Жандарбекова – кандидат технических наук, старший преподаватель, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

М.И. Арпабеков – доктор технических наук, профессор, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

К.А. Мурзабекова – кандидат технических наук, доцент, Академии логистики и транспорта, ул. Шевченко, 97, Алматы, Казахстан.

A. Zhandarbekova – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

M. Arpabekov – Doctor of Technical Sciences, Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

K. Murzabekova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Academy of Logistics and Transport, 97 Shevchenko str., Almaty, Kazakhstan.

И.Т. Мизанбеков^{1*}, К. Калым¹, Л.И. Лыткина²

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан

²Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

E-mail: *salima-49@mail.ru

Интенсификация использования транспортных парков зернопродуктового комплекса

Аннотация: Изучены возможности повышения грузоподъемности и технологической адаптивности транспортных парков зернопродуктового комплекса и, следовательно, интенсификация их использования.

В качестве фактора, относительно которого рассматривался уровень технической адаптивности грузовых автомобилей, выбран переменный фактор объемной грузоподъемности сельскохозяйственных грузов. Транспортировочный процесс зернового подкомплекса имеет свою специфику и требует оптимального формирования и рационального использования транспортных средств. Учитывая короткие сроки, сезонность и высокий объем перевозимого груза, а также то, что сельским хозяйством занимаются в основном мелкие и средние крестьянские хозяйства, которые не могут позволить себе выделить отдельный подвижной парк автомобилей только для перевозки зерновых культур, имеет смысл изучить пути повышения технологической адаптивности имеющихся в хозяйстве грузовых автомобилей к изменяемым факторам объемной массы груза. Одним из наиболее эффективных и экономичных способов влияния на коэффициент адаптации транспортного средства к переменному фактору объемной массы груза можно рассматривать изменение высоты бортов кузова грузового автомобиля.

Ключевые слова: сельскохозяйственные грузы, транспортные средства, зерновые культуры, транспортировка зерна, объемная грузоподъемность.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-167-176

1. Введение

Важнейшей задачей стратегического развития и процветания всех стран является повышение продовольственной безопасности [1].

Одним из первых и основополагающих отраслей сельского хозяйства является растениеводство. Определяя перечень культур, наиболее выгодных для производства, в первую очередь смотрят на спрос. Большим спросом в сельском хозяйстве, в частности, в растениеводстве, пользуются зерновые культуры, продукция овощеводства, садоводства, производство технических культур и комбикормов. И, в основном, страны Средней Азии большое внимание уделяют развитию агропромышленного комплекса [2].

Так как зерновые являются продуктом экспорта в другие страны, производство их в Казахстане является важной отраслью для развития в экономики страны. Таким образом, развитие сельского хозяйства является важной задачей народного хозяйства в стране.

Вне зависимости от характера сельского хозяйства (экстенсивный или интенсивный) одним из результирующих факторов выступает логистика перевозок результатов производства.

Эффективное планирование логистики имеет очень важное значение. Оптимально спланированная транспортировка грузов позволяет сократить на 30% количество используемых грузовиков и на 20% сократить пройденное расстояние. Это, в свою очередь, ведет к значительной экономии затрат на транспортировку, давая показатели в 9%-ный прирост с точки зрения транспортных расходов. Затраты на хранение и транспортировку традиционно составляют значительную часть общих затрат.

Сельское хозяйство в развивающихся странах часто базируется на существовании мелких и средних крестьянских хозяйств [3,4,5]. Главной проблемой при таком состоянии производства является то, что такие хозяйства не могут позволить себе дорогостоящую узкоспециализированную технику, например цистерны-зерновозы, которые будут использоваться только в короткий сезон уборки. Перевозчикам-посредникам тоже невыгодно иметь только один вид транспорта под конкретную задачу. Таким образом, таким хозяйствам и компаниям-перевозчикам требуется транспорт, который будет адаптироваться под разные виды грузов и использоваться не только в короткий сезон уборки урожая. Плюс многие хозяйства и транспортные компании имеют базовую технику – бортовые автомобили. Для собственников бортовых транспортных средств очень важно найти все возможные способы увеличения грузоподъемности и адаптивности к различным видам грузов [6].

Важное условие организации эффективного сельскохозяйственного производства – это оптимальное и рациональное использование как всей материально-технической базы зернопродуктового комплекса, так и транспортного сопровождения процесса.

Первоочередной задачей в настоящее время является осуществление сбора и транспортировки выращенного урожая наиболее эффективным и экономичным способом. Поэтому исследования, посвященные изучению адаптивности транспортных средств к переменному фактору объемной массы груза при транспортировке сельскохозяйственных грузов, являются актуальными.

2. Методы

2.1. Постановка проблемы

Полное раскрытие потенциальных возможностей транспортного обеспечения агропромышленного комплекса является актуальной задачей [7]. Основными элементами транспортного процесса являются технология перевозок, транспорт, грузы по видам и объему, труд рабочих и информационное сопровождение процесса перевозок.

Перевозка сельскохозяйственных грузов имеет свои особенности:

- срочность и периодичность транспортировки, обусловливаемая скачками объема транспортных работ в зависимости от сезона, приводит к разной потребности в грузовом транспорте в течение года;
- некоторые грузы требуют специальных условий перевозки, так как чувствительны к температурным и иным окружающим условиям;
- большая номенклатура и неоднородность перевозимых грузов, что также требует высокой адаптивности транспортных средств к видам груза;
- дорожные условия, регионы сельского хозяйства не всегда обладают развитой инфраструктурой;
- расстояние. Расположение сельских хозяйств и пунктов приема груза может быть очень разрозненным и покрывать большие территории [8, 9].

Транспорт в традиционном представлении - это совокупность путей сообщения, технических устройств и сооружений, а также различных видов транспортных средств [10]. Однако в силу рассмотренных особенностей внутренней транспортировки сельскохозяйственных грузов на небольшие расстояния в сельском хозяйстве преобладающее использование имеют именно грузовые автомобили [10, 11]. В силу удобства грузовой автотранспорт используется повсеместно в различных отраслях хозяйствования [12, 13].

Грузовые автомобили занимают эту нишу в силу своих особых качеств: мобильность и скоростные характеристики, невысокие требования, низкие расходы на эксплуатацию, совместимость с другими видами транспорта, например, с железнодорожным транспортом [15]. Все эти качества повышают потенциал технической адаптивности грузовых автомобилей в области транспортировки сельскохозяйственных грузов по отдельным факторам условий эксплуатации.

Среди транспортировки сельскохозяйственных грузов особого внимания заслуживают вопросы транспортировки зерновых грузов. Производство и экспорт зерна является основным видом производства в растениеводстве многих стран в мире. А значит вопросы эффективной транспортировки зерновых грузов и повышения адаптивности грузовых транспортных средств является глобальным.

Транспортировка зерновых грузов от производителя до пунктов хранения на небольшие расстояния в Казахстане, как и везде мире, осуществляется бортовыми зерновозами. Это обычные бортовые грузовые машины, покрытые брезентом для сохранности зерна от погодных условий.

При транспортировке зерновых следует учесть переменный фактор объемной массы, который зависит от плотности вида зерновых, а также ее влажности. Содержание влаги является критическим параметром при сборе, переработке, хранении и реализации зерновых, масличных и бобовых культур. Это также сильно отражается при транспортировке, так как оказывает влияние на объемную грузоподъемность транспортного средства.

2.2 Цель исследования

Целью данного исследования является повышение технологической адаптивности парка автотранспортных средств агропромышленного комплекса к меняющемуся объему грузов сельского хозяйства и интенсификация его использования.

Достижение поставленной цели возможно путем решения следующих задач:

- провести анализ текущего состояния и эффективности транспортного сопровождения сельского хозяйства;
- провести анализ проблем технологии перевозок грузов при производстве сельскохозяйственных грузов;
- изучить способы повышения адаптивных свойств транспортных средств к переменному фактору объемной грузоподъемности сельскохозяйственных грузов.

3. Результаты и обсуждение

Был проведен системный сбор информации с целью получения объективного, последовательного анализа отечественных и зарубежных научных публикаций.

Теоретической и методологической информационной базой послужили материалы, представленные официальными источниками агентств по статистике, законодательные акты и нормативные документы, обзоры и аналитические доклады, публикации в периодических изданиях и научные труды в области организации транспортно-технологического обслуживания сельскохозяйственной отрасли.

Применялся метод сравнительного анализа и логического обобщения.

Метод исследования: изучение и анализ транспортно-технологического сопровождения и обслуживания перевозки грузов сельского хозяйства, в частности, зерновых.

Исследовалась степень адаптации применяемых грузовых автомобилей для перевозки зерновых грузов в Северном Казахстане к переменному фактору изменения объемной массы грузов. По результатам исследований, изложенных в научных трудах и статистических данных, были рассмотрены факторы, влияющие на:

- объемную грузоподъемность транспортных средств, применяемых в Северном Казахстане;
- степень адаптивности транспортных средств к меняющемуся объему грузов.

На рассмотрении было: соотношение грузоподъемности платформ транспортных средств и возможности максимального наращивания высоты бортов.

В период уборочной кампании при транспортировке урожая показатель грузоподъемности транспортных средств является значимым измерителем технологических свойств.

Грузоподъемность – это перевозимый транспортным средством за один раз максимальный объем груза. Объем перевозимого груза, грузоподъемность транспортного средства, а также размеры кузова являются факторами, влияющими на количественную характеристику объемной грузоподъемности. Для объективной оценки грузоподъемности применяют ее удельную характеристику – объемная грузоподъемность. Объемная грузоподъемность определяется отношением номинальной грузоподъемности к полному объему бортовой платформы:

$$Q_v = \frac{Q_n}{V_b} = \frac{Q_n}{a \cdot b \cdot h}, \quad (1)$$

где Q_v - объемная грузоподъемность, м^3 ; Q_n - номинальная грузоподъемность, т; V_b - полный объем кузова, м^3 ; a - внутренняя длина платформы, м; b - внутренняя ширина платформы, м; h - внутренняя высота основных бортов платформы, м.

ГОСТ регламентировал соотношение грузоподъемности бортовых автомобилей и объемы их бортовых платформ. На рисунке 1 приведен график стандартных значений зависимости объемной грузоподъемности в зависимости от грузоподъемности автомобиля.

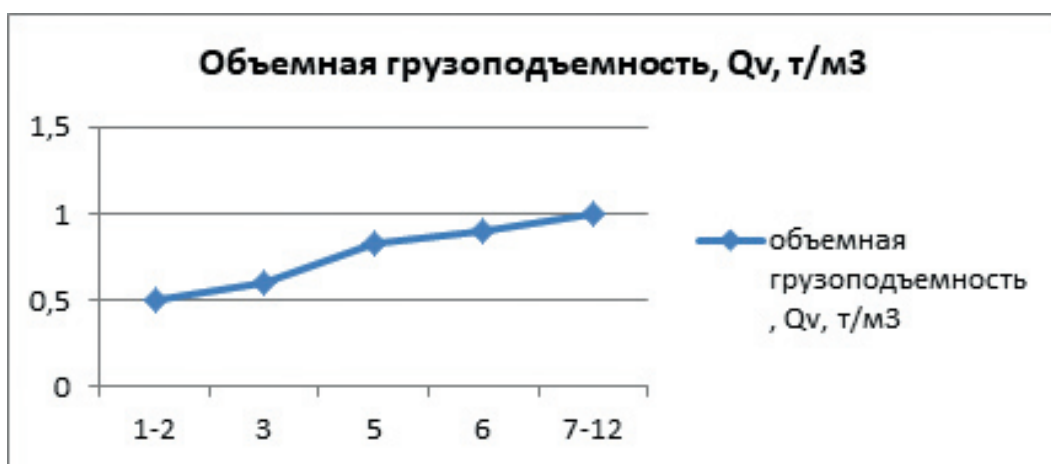


Рисунок 1. Зависимость объемной грузоподъемности, Q_v от грузоподъемности автомобиля

Также необходимо учитывать объем груза (зерна). Один куб зерна может весить от 0,30 до 0,82 тонн. Необходимо учитывать плотность зерна, которая может варьироваться в пределах 300 ... 820 $\text{кг}/\text{м}^3$, в зависимости от влажности самого зерна, температуры и давления среды, а также от самого вида зерновых культур. Насыпная плотность зерновых культур в зависимости от наименования дана в таблице 1.

Таблица 1. Насыпная плотность зерновых культур

№	Наименование зерновой культуры	Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$
1	пшеница	750-850
2	ячмень	600-750
3	овес	400-550
4	рожь	700-750
5	просо	700-850

Взаимосвязь массы и объема зерна массы определяется простой математической формулой:

$$V = \frac{m}{\rho}, \quad (2)$$

где V – объем; m – масса, в данном случае грузоподъемность; ρ – насыпная плотность зерновых.

За усредненное значение насыпной плотности примем 750 кг/м³, что соответствует насыпной плотности пшеницы как самой распространённой культуры в условиях Северного Казахстана при влажности 20-22%.

В таблице 2 приведены значения грузоподъемности и габариты бортовых платформ автомобилей по маркам, а также выведенные объемная грузместимость, м³ и объем перевозимой пшеницы, м³. Зависимость объемной грузоподъемности, Q_v от грузоподъемности автомобиля показана на рисунке 1.

Таблица 2. Технические характеристики грузовых автомобилей по маркам, применяемых в сельском хозяйстве Северного Казахстана

Марка, модель, (тип авто / кузова)	Q_n – номинальная грузоподъемность, т	Q_v - объемная грузоподъемность, м ³	V_b - объем кузова, м ³	V_L - объем груза, м ³
ГАЗ-22107 «Соболь» (бортовой)	0,85	0,45	1,85	1,13
FAW 1010 (бортовой)	0,9	0,79	1,14	1,20
Chana SC1026DAN (бортовой)	1,05	0,78	1,34	1,40
ГАЗ 3302Д1 «ГАЗель» (бортовой)	1,5	0,66	2,25	2,00
Foton Aumark BJ1039 V4JD3-RE (бортовой)	1,5	0,70	2,14	2,00
ГАЗ-5204	2,5	0,65	3,90	3,33
ГАЗ-5203	2,5	0,57	4,40	3,33
JAC HFC1045KS/KR1S (бортовой)	2,8	0,88	3,18	3,73
ЗИЛ 5301 BE (бортовой)	3,0	0,8	3,75	4,00
ЗИЛ 5301 EE (бортовой)	3,0	0,68	4,44	4,00
ГАЗ 33104 «Валдай» (бортовой)	3,5	0,88	3,97	4,67
ГАЗ-53А	4,0	0,72	5,50	5,33
КАМАЗ-4326 (бортовой)	4,0	0,72	5,57	5,33
ГАЗ-3307	4,5	1,17	3,86	6,00
ГАЗ 3307 (бортовой удлиненный)	4,5	0,81	5,53	6,00
FAW CA 1031 K26L4 (бортовой с тентом)	5,0	1,04	4,82	6,67
Зил- 130	6,0	1,2	5,01	8,00
ЗИЛ 432930 ММЗ Д-245,9 (бортовой)	6,0	1,18	5,07	8,00
КАМАЗ-43253	7,5	1,40	5,38	10,00

MAN TGM 15.280 (бортовой с тентом)	9,0	1,64	5,48	12,00
МАЗ 5340 (бортовой)	9,6	0,94	10,23	12,80
КАМАЗ-43118 (бортовой)	10,0	0,70	14,15	13,33
КрАЗ-65101	15,4	1,30	11,81	20,53

Таблица наглядно демонстрирует слабую адаптивность транспортных средств строго придерживающихся заданных ГОСТом габаритов к переменному фактору объемной массы грузов. У большинства рассмотренных автомобилей коэффициент использования грузоподъемности ниже единицы, что говорит о неэффективном использовании транспортного средства. Также стоит отметить, что с повышением номинальной грузоподъемности автомобиля от 4,5 т., численное значение объемной массы груза значительно превышает возможности объема кузова. Наблюдается тенденция, что чем больше грузоподъемность транспортного средства, тем сильнее разрыв. Таким образом, по таблице 5.1 получает подтверждение то, что с повышением грузоподъемности удельная объемная грузоподъемность Q_v транспортного средства повышается, при этом одновременно падает уровень его адаптации к малообъемным грузам.

4. Выводы

Исходя из изученного в ходе исследования материала можно сделать следующие выводы:

1. Обеспечение продовольственной безопасности - первостепенная задача любой страны мира. Сельское хозяйство способно как закрыть и внутренние потребности, так и работать на экспорт в другие страны, поднимая свою экономику. Будучи сложной системой, в которую вовлечено множество элементов, необходимо добиться максимально эффективной и слаженной работы всех ее составляющих. Большую роль в эффективном управлении сельскохозяйственного производства играет транспортное обслуживание отрасли.

2. Констатируя, что перевозка сельскохозяйственных грузов имеет ряд специфических особенностей, следует уделить внимание тщательному планированию технологии перевозок. Срочность и сезонность, резкие скачки объема перевозимого груза и их широкая номенклатура, а следовательно, и разная объемная грузоподъемность, повреждаемость сельскохозяйственных грузов, дорожные условия и покрываемое расстояние предъявляют повышенные требования к подбору транспортных средств. Однако кластер мелких и средних крестьянских хозяйств образует основу сельского хозяйства Северного Казахстана. Их проблема в том, что они не могут позволить себе приобрести узкоспециализированный подвижной парк грузовых автомобилей, который будет использоваться только в период уборочных работ.

3. Для оптимального формирования и рационального использования транспортных средств имеет смысл изучить пути повышения технологической адаптивности уже имеющихся в хозяйстве грузовых автомобилей к изменяемым факторам объемной массы груза. Одним из наиболее эффективных и экономичных способов повышения коэффициента адаптации бортовых автомобилей к переменному фактору объемной массы груза является наращивание бортов кузова грузового автомобиля. Результаты показали, что даже наращивание бортов всего на 2 см способно увеличить объемную грузоподъемность грузовой платформы в среднем на 5%. Расчеты увеличения высоты бортов на 5 см повысило эффективность использования грузоподъемности на 20%, а увеличение на 10 см позволит увеличить объемную грузоподъемность свыше 25%, что значительно поднимает эффективность использования грузового автомобиля

Таким образом, повысить технологическую адаптивность грузовых автомобилей без крупных вложений возможно при наращивании бортов грузовой платформы, что позволит увеличить объемную грузместимость транспортных средств и позволит использовать транспортные средства при перевозке других видов грузов.

Список литературы

1. Kurmanbayeva, I., Nabiyeva, Z., Stoyanova, A., Zheldybayeva, A., & Tlevlessova, D. (2022). Experimental substantiation of the application of plant extracts and enzymes to obtain safe raw materials for whole grain bread technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11 (120)), 89–98. LOCKSS. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267230>
2. Tireuov, K., Mizarbekova, S., & Aitmukhanbetova, D. (2022). Impact of the profile of public-private partnership projects on the economic potential of Central Asian countries. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(13 (120)), 67–77. LOCKSS. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268242>
3. Bekuma, T., Mamo, G., & Regassa, A. (2023). Indigenous and improved adaptation technologies in response to climate change adaptation and barriers among smallholder farmers in the East Wollega Zone of Oromia, Ethiopia. *Research in Globalization*, 6, 100110. <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2022.100110>
4. Pali, P. N., Tebeka, Y. A., Schut, M., Mangheni, M. N., Wairegi, L. W., Manyong, V. M., & van Asten, P. J. A. (2023). Elaborating institutional arrangements to better enhance sustainable crop intensification in Uganda: A farmers' perspective. *Journal of Rural Studies*, 98, 68–79. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.02.002>
5. Sayed, H. A. A., Ding, Q., Abdelhamid, M. A., Alele, J. O., Alkhaled, A. Y., & Refai, M. (2022). Application of Machine Learning to Study the Agricultural Mechanization of Wheat Farms in Egypt. *Agriculture*, 13(1), 70. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010070>
6. Pedruzzi, S., Nunes, L. P. A., Rosa, R. de A., & Arpini, B. P. (2016). Modelo matemático para otimização da capacidade volumétrica de caminhões para transporte de produtos alimentícios. *Gestão & Produção*, 23(2), 350–364. <https://doi.org/10.1590/0104-530x1898-14>
7. Turner, A. P., Sama, M. P., McNeill, L. S. G., Dvorak, J. S., Mark, T., & Montross, M. D. (2019). A discrete event simulation model for analysis of farm scale grain transportation systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 167, 105040. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105040>
8. Irina, T., Moroz, M., Zahorianskyi, V., Zahorianskaya, O., & Moroz, O. (2021). Management of the Logistics Component of the Grain Harvesting Process with Consideration of the Choice of Automobile Transport Technology Based on the Energetic Criterion. 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). <https://doi.org/10.1109/mees52427.2021.9598768>
9. Danao, M.-G. C., Zandonadi, R. S., & Gates, R. S. (2015). Development of a grain monitoring probe to measure temperature, relative humidity, carbon dioxide levels and logistical information during handling and transportation of soybeans. *Computers and Electronics in Agriculture*, 119, 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.10.008>
10. Forsythe, S., Stephens, J., & Wang, Y. (2015). Estimation of Seasonal Daily Traffic Flow of Agricultural Products and Implications for Implementation of Automatic Traffic Recorders. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2477(1), 18–26. <https://doi.org/10.3141/2477-03>
11. Помазков М., & Коваленко М. (2021). Оценка эффективности системы транспортного обслуживания предприятий с учетом региональных и технологических особенностей. *SWorldJournal*, 10–01, 61–65. <https://doi.org/10.30888/2410-6615.2021-10-01-020>
12. Lin, T., Rodríguez, L. F., Davis, S., Khanna, M., Shastri, Y., Grift, T., Long, S., & Ting, K. C. (2015). Biomass feedstock preprocessing and long-distance transportation logistics. *GCB Bioenergy*, 8(1), 160–170. Portico. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12241>
13. Hoffmann, C., & Thommes, K. (2022). Clear Roads and Dirty Air? Indirect effects of reduced private traffic congestion on emissions from heavy traffic. *Journal of Cleaner Production*, 381, 135053. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135053>

14. Gohlke, D., Kelly, J., Stephens, T., Wu, X., & Zhou, Y. (2023). Mitigation of emissions and energy consumption due to light-duty vehicle size increases. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 114, 103543. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103543>
15. Remigio Berruto, & Chris Saunders. (2008). Logistics and efficiency of Grain harvest and transport systems in a South Australian context. 2008 Providence, Rhode Island, June 29 - July 2, 2008. <https://doi.org/10.13031/2013.24977>

И.Т. Мизанбеков¹, К. Калым¹, Л.И. Лыткина²

¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

²Воронеж мемлекеттік инженерлік технологиялар университеті, Воронеж, Ресей

Астық өнімдері кешенінің көлік парктерін пайдалануды интенсификациялау

Аңдатпа. Астық өнімдері кешенінің көліктік парктерін олардың технологиялық бейімділігін арттыру арқылы пайдалануды интенсификациялау мүмкіндіктері зерттелуде. Жүк көліктерінің техникалық бейімделу деңгейі қарастырылатын фактор ретінде ауыл шаруашылығы жүктерінің көлемдік өткізу қабілетінің ауыспалы коэффициенті таңдалды. Астық қосалқы кешенінің тасымалдау процесінің өзіндік ерекшелігі бар және көлік құралдарын оңтайлы қалыптастыру мен ұтымды пайдалануды талап етеді. Тасымалданатын жүктің қысқа мерзімін, маусымдылығын және жоғары көлемін, сондай-ақ ауыл шаруашылығымен негізінен шағын және орта шаруа қожалықтары айналысатынын ескере отырып, олар тек дәнді дақылдарды тасымалдау үшін жеке жылжымалы автокөлік паркін бөлуге мүмкіндігі жоқ, шаруашылықта бар жүк автомобильдерінің жүк көлемінің өзгермелі факторларына технологиялық бейімделуін арттыру жолдарын зерттеу мағынасы бар. Көлік құралының жүктің көлемдік массасының өзгермелі факторына бейімделу коэффициентіне әсер етудің ең тиімді және үнемді әдістерінің бірі-жүк көлігі корпусының бүйірлерінің биіктігінің өзгеруін қарастыруға болады.

Түйін сөздер: ауыл шаруашылығы жүктері, көлік құралдары, дәнді дақылдар, астық тасымалдау, көлемдік жүк сыйымдылығы.

I. Mizanbekov¹, K. Kalym¹, L. Lytkina²

¹Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

²Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

Intensification of the use of transport fleets of grain production complex

Abstract: Possibilities of intensification of the use of transport parks of grain products complex by increasing their technological adaptability have been studied. As a factor, in relation to which the level of technical adaptivity of trucks was considered, a variable factor of volumetric capacity of agricultural cargo was chosen. Transportation process of grain subcomplex has its own specifics and requires optimal formation and rational use of vehicles. Given short periods, seasonality and high volume of transported cargo, as well as the fact that agriculture is mainly engaged in small and medium-sized farms that can not afford to allocate a separate rolling stock of cars only for transportation of grain crops it makes sense to explore ways of increasing technological adaptability of existing cargo vehicles in the economy to variable factors of cargo volume weight. One of the most effective and economical ways of influencing the adaptation coefficient of the vehicle to the variable volume weight factor of the cargo can be considered as changing the height of the sides of the cargo body.

Key words: agricultural cargo, vehicles, grain crops, grain transportation, volumetric cargo capacity.

References

1. Kurmanbayeva, I., Nabiyeva, Z., Stoyanova, A., Zheldybayeva, A., & Tlevlessova, D. (2022). Experimental substantiation of the application of plant extracts and enzymes to obtain safe raw materials for whole grain bread technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11 (120)), 89–98. LOCKSS. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267230>
2. Tireuov, K., Mizanbekova, S., & Aitmukhanbetova, D. (2022). Impact of the profile of public-private partnership projects on the economic potential of Central Asian countries. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(13 (120)), 67–77. LOCKSS. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268242>
3. Bekuma, T., Mamo, G., & Regassa, A. (2023). Indigenous and improved adaptation technologies in response to climate change adaptation and barriers among smallholder farmers in the East Wollega Zone of Oromia, Ethiopia. *Research in Globalization*, 6, 100110. <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2022.100110>
4. Pali, P. N., Tebeka, Y. A., Schut, M., Mangheni, M. N., Wairegi, L. W., Manyong, V. M., & van Asten, P. J. A. (2023). Elaborating institutional arrangements to better enhance sustainable crop intensification in Uganda: A farmers' perspective. *Journal of Rural Studies*, 98, 68–79. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.02.002>
5. Sayed, H. A. A., Ding, Q., Abdelhamid, M. A., Alele, J. O., Alkhaled, A. Y., & Refai, M. (2022). Application of Machine Learning to Study the Agricultural Mechanization of Wheat Farms in Egypt. *Agriculture*, 13(1), 70. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010070>
6. Pedruzzi, S., Nunes, L. P. A., Rosa, R. de A., & Arpini, B. P. (2016). Modelo matemático para otimização da capacidade volumétrica de caminhões para transporte de produtos alimentícios. *Gestão & Produção*, 23(2), 350–364. <https://doi.org/10.1590/0104-530x1898-14>
7. Turner, A. P., Sama, M. P., McNeill, L. S. G., Dvorak, J. S., Mark, T., & Montross, M. D. (2019). A discrete event simulation model for analysis of farm scale grain transportation systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 167, 105040. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105040>
8. Irina, T., Moroz, M., Zahorianskyi, V., Zahorianskaya, O., & Moroz, O. (2021). Management of the Logistics Component of the Grain Harvesting Process with Consideration of the Choice of Automobile Transport Technology Based on the Energetic Criterion. 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). <https://doi.org/10.1109/mees52427.2021.9598768>
9. Danao, M.-G. C., Zandonadi, R. S., & Gates, R. S. (2015). Development of a grain monitoring probe to measure temperature, relative humidity, carbon dioxide levels and logistical information during handling and transportation of soybeans. *Computers and Electronics in Agriculture*, 119, 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.10.008>
10. Forsythe, S., Stephens, J., & Wang, Y. (2015). Estimation of Seasonal Daily Traffic Flow of Agricultural Products and Implications for Implementation of Automatic Traffic Recorders. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2477(1), 18–26. <https://doi.org/10.3141/2477-03>
11. Помазков, М., & Коваленко, М. (2021). Оценка эффективности системы транспортного обслуживания предприятий с учетом региональных и технологических особенностей. *SWorldJournal*, 10–01, 61–65. <https://doi.org/10.30888/2410-6615.2021-10-01-020>
12. Lin, T., Rodríguez, L. F., Davis, S., Khanna, M., Shastri, Y., Grift, T., Long, S., & Ting, K. C. (2015). Biomass feedstock preprocessing and long-distance transportation logistics. *GCB Bioenergy*, 8(1), 160–170. Portico. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12241>
13. Hoffmann, C., & Thommes, K. (2022). Clear Roads and Dirty Air? Indirect effects of reduced private traffic congestion on emissions from heavy traffic. *Journal of Cleaner Production*, 381, 135053. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135053>
14. Gohlke, D., Kelly, J., Stephens, T., Wu, X., & Zhou, Y. (2023). Mitigation of emissions and energy consumption due to light-duty vehicle size increases. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 114, 103543. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103543>
15. Berruto R., Saunders C. (2008). Logistics and efficiency of Grain harvest and transport systems in a South Australian context. 2008 Providence, Rhode Island, June 29 - July 2, 2008. <https://doi.org/10.13031/2013.24977>

Сведения об авторах:

И.Т. Мизанбеков – докторант, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, пр. Абая, 8, Алматы, Казахстан.

К. Калым – PhD, ассоциированный профессор, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, пр. Абая, 8, Алматы, Казахстан.

Л.И. Лыткина – д.т.н., профессор, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции, 19, Воронеж, Россия.

И.Т. Мизанбеков – докторант, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Абай даңғ., 8, Алматы, Қазақстан.

К. Калым – PhD, қауымдастырылған профессор, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Абай даңғ., 8, Алматы, Қазақстан.

Л.И. Лыткина – т.ғ.д., профессор, Воронеж мемлекеттік инженерлік технологиялар университеті, Революция даңғ., 19, Воронеж, Ресей.

I. Mizanbekov – PhD student, Kazakh National Research Agrarian University, 8 Abay ave., Almaty, Kazakhstan.

K. Kalym – PhD, Associate Professor, Kazakh National Research Agrarian University, 8 Abay ave., Almaty, Kazakhstan.

L. Lytkina – Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19 Revolyuciya ave., Voronezh, Russia.

M. Isametova, G. Abilezova*, A. Duisengali, A. Tursynbayeva

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: *abilezova_gazel@mail.ru

Application of rapid prototyping technology in pump engineering

Abstract. *The article presents the results of the use of rapid prototyping technology when modifying the impeller of a centrifugal pump in order to increase efficiency. As a result of the implementation of the technology, the influence of parameters such as the printing speed of the main layers, the printing speed of the current layers, the thickness of the layers on the geometric accuracy of printed products was studied. According to the results of experiments, it was revealed the effect of the feed rate on the OZ axis, an increase in speed will lead to lower surface quality, higher roughness. The distance between the layers is 0,15 mm/s, getting a roughness of Ra 6,3 microns, and in the right case we used a distance of 0,05 mm/s between the layers, getting a roughness of Ra1,6 microns. The article presents the results of the analysis of the effect of exposure time and exposure time in the UV chamber on the hardness of printed products. The article presents a method for determining and compensating the geometry of prototypes based on reverse engineering technology based on the use of an optical scanner. The tests of a centrifugal pump with a prototype of a modified wheel confirm the need for such innovations as rapid prototyping to shorten the design cycle of new products, as well as reduce the cost of their development.*
Keywords: *rapid prototyping, digital twins, 3D printers, printing parameters, efficiency, centrifugal pump and reverse engineering.*

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-177-192

1. Introduction

There are discussions in the scientific community on the degree of identity of the concepts of 'innovation' and 'novelty'. In science, there are two approaches to the interpretation of the term 'innovation':

- process, positioning innovation as the process of implementing an idea and turning it into a finished result (or individual stages of this process);
- an object representing innovation as the final result, an embedded object [1-5].

Innovations are trends introduced into enterprises: smart factory, digital factory, rapid prototyping, reverse engineering, new materials. At the stage of the digital factory, the design and production of a prototype product is concentrated. According to Deloitte, investments in digital factories have led to an increase in production by an average of 10%.

The key technology at this stage is digital twins. These are virtual models of processes or material objects. It can be a model of a production chain, an airplane, sneakers, or a self-piloted rocket. Designing a future product, you can accurately describe its characteristics and calculate production costs. It can be tested in the same system, while the results of virtual tests will be as accurate as real ones [5-8].

One of the directions in the modernization of existing technological equipment in order to increase energy efficiency is the application of the concept of a digital twin of a system sample in order to improve its geometry.

Many reviews and scientific articles have already been devoted to the latest technologies of the digital factory, such as rapid prototyping, reverse engineering. Thus, the authors of the article [9] systematized the prototyping process in the form of a hierarchical sequence of the implementation of the process of machine design technology, where level I represents the pre-design stage, level II is the process of implementing the machine design procedure, taking into account the possibility of ornamental design of the projected product, if this is provided for by the requirements of the terms of reference; level III reflects the phase of creating a solid-state model of the product.

The author [10] presented the results of manufacturing model tooling with the required accuracy by laser-computer prototyping technology using sheet material.

In the article [11], the author gave an overview of rapid prototyping technologies used more and more at modern machine-building enterprises to increase the efficiency of design processes.

The main purpose of the research paper. This article will consider innovative methods in the design and modernization of pumping equipment using the rapid prototyping method. The research will be aimed at upgrading the impeller blade system and verifying the updated geometry, through rapid prototyping and laboratory testing of the pump with a model of the modified wheel made by 3D printing technology.

2. Research methods

The object of the study is the impeller of a brand centrifugal pump SVM (CTP) 15-4.

Pump characteristics:

Pump data
Nominal flow rate – 15 m³/hour
Nominal head – 46 m
Rotation speed – 2850 1/min

Engine data
Rated voltage – 380 V
Rated current – 10 A

The idea of upgrading the pump is to change the blade grid to a blade grid with variable pitch and different curvature of the blades. The concept of variable pitch (Figure 1) is based on the ideas of redistributing mainly shock losses at the entrance to the impeller blade system throughout the impeller.

The implementation of such solutions involves the use of new approaches in design. In particular, the vane system of the pump is calculated not for one point (Q_{calc} , N_{calc}), but for the required feed area ($Q(Q_1, Q_2...Q_n)$, $H(H_1, H_2...H_n)$).

Thus, the hydrodynamic grid formed has different angles of inclination and channel widths. As a result, the working area of the pump expands. At the same time, a local decrease in efficiency may occur near the optimum η_{opt} , but its values increase at the boundaries of the calculated range of Q_{min} and Q_{max} feeds. Thus, the average integral efficiency of a pump with a heterogeneous blade system is higher than that of analogues with a classical (homogeneous) blade system.

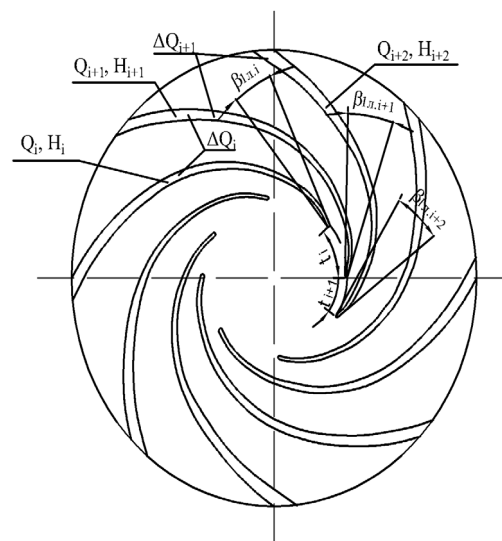


Figure 1. Diagram for calculating the parameters of a heterogeneous grid

The prototype of the wheel with an upgraded blade grille was manufactured by SLA (Stereolithography) technology. Stereolithography is a rapid prototyping process based on focusing a beam of ultraviolet light generated by a high-intensity LED with a wavelength of 405 nm on a layer of photosensitive resin located in a tank with a transparent bottom. Thus, the part is printed in the reverse bottom-up position. The product is created on a platform that is immersed in resin until it reaches the bottom of the tray, and will rise as the thickness of the “layer” increases. We can distinguish between the “base layers” that are kept under longer exposure to ultraviolet light to create a stronger base that does not come off the aluminum plate in the printer. Because of these release efforts, we had to choose the right position for printing so that there would not be many larger surfaces to separate from the bottom of the tray than the surface of the base. An Anycubic Photon monochrome printer will be used to print a prototype of a wheel with a heterogeneous grid. The main characteristics of the printer are: the working space of the printer is 130x80x165mm, the resolution in the XOY plane is 0,051mm, the step between the layers (layer resolution), on the OZ axis, is 0,01-0,15 mm, the connection is a USB drive.

The choice of printing the prototype with SLA technology was made for the following reasons:

- low roughness of 3 microns compared to the widely used FFF technology;
- sufficient strength limit of the photopolymer resin, so we used the Fotocentric High Tensile material.

Tensile strength of 80 MPa (after exposure at elevated temperature), elongation at break of 5.6% in Figure 2, the position of the workpiece on the printer table, modeled in the Photon Workshop 64 program:

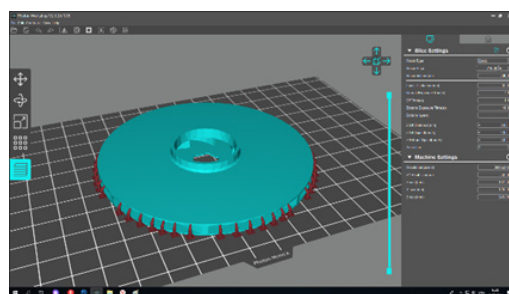


Figure 2. The position of the workpiece on the printer table

The created model will be saved in the KOMPAS program in a file in the stereolithography file format (STL). The STL file will be opened using the Photo Workshop 64 program, in which the print position Figure 3 and the location of the substrate will be set. This file will be copied to a USB drive, which will be inserted into the Anycubic Photon mono printer.



Figure 3. Technological parameters

The research was carried out on various printed objects, varying the technological parameters one by one. The samples were measured using an optical scanner with an accuracy of 0,004 mm. The recommended printing parameters are shown in Table 1.

Table 1. Printing parameters

Intervals Parameters	Minimum value	Maximum value
Printing speed of the main layers (mm/s)	5	15
Printing speed of current layers (mm/s)	5	15
Thickness of layers (mm)	0,02	0,15

To study the influence of the orientation position, all technological parameters were maintained at the same value, changing only the position of the sample, obtaining two marks in one print, one in a horizontal position and one in a vertical position. The orientation of the parts and the support for the support can be seen in Figure 4.

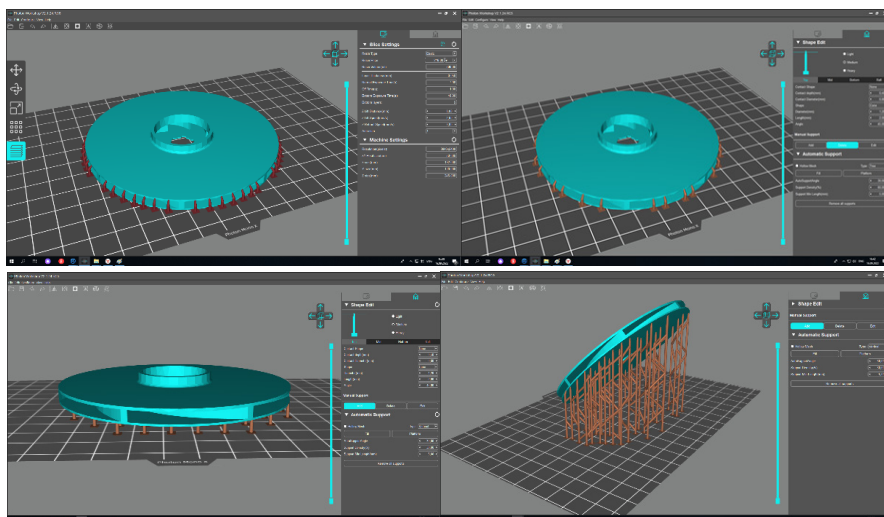


Figure 4. Various support options

The dimensions measured after printing were selected depending on their influence on the flow kinematics, so 5 points were selected, which are indicated in the drawing of the wheel (Figure 5).

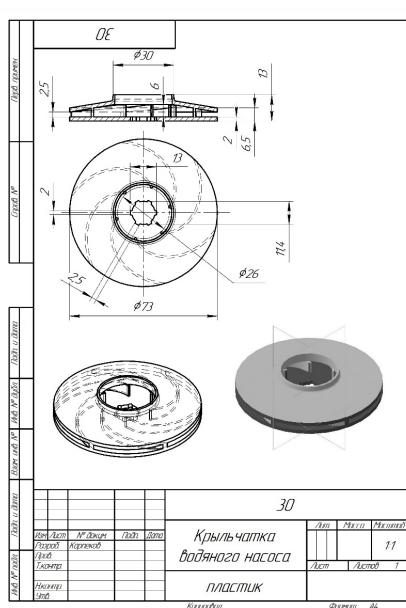


Figure 5. Dimensions to be studied

The dimensions were measured at 5 different points, the resulting size to be entered into the tables is the arithmetic mean of the measurements. The measured size values depending on the position of the part at the type of printing are shown in Table 2:

Table 2. Deviation from the original dimensions

Размер исходный	b ₂₁ 2 mm	b ₂₂ 2 mm	b ₂₃ 2 mm	b ₂₄ 2 mm	b ₂₅ 2 mm
Ориентация					
Вертикальная	1.7	1.9	1.8	1.6	1.7
Размер исходный	b ₂₁ 6 mm	b ₂₂ 6 mm	b ₂₃ 6 mm	b ₂₄ 6 mm	b ₂₅ 6 mm
Ориентация					
Вертикальная	5.5	5.4	5.5	5.3	5.6

According to the results of experiments, it was revealed the effect of the feed rate on the OZ axis, an increase in speed will lead to lower surface quality, higher roughness. The distance between the layers is 0,15 mm/s, getting a roughness of Ra 6,3 microns, and in the right case we used a distance of 0,05 m/s between the layers, getting a roughness of Ra1,6 microns. The printed samples are shown in Figure 6.



Figure 6. The effect of the feed rate on the OZ axis

The analysis of the effect of exposure time showed that there was no dependence on the thickness of the layer and the speed of exposure. If the exposure time from the bottom is not long enough, the print may slip off the plate, and the printing process must be stopped.

Experiments have also been conducted on the effect of exposure time at the UV chamber, the hardness is slightly lower than usual if the curing time by UV radiation is too short and the curing temperature is too low. The results of the hardness test for various curing parameters are shown in Table 3.

Table 3. Dependence between the curing parameters

Current parameter		Shore Hardness
Time	Temperature	
5	30	60
5	100	63
15	30	76
15	100	79
30	30	75
30	100	89

Verification of the printed geometry with the original geometry was performed by reverse engineering technologies.

Reverse engineering in mathematical modeling and evaluation of the geometric accuracy of the part. In modern production based on digital product data, precision control systems (PCS) are used, which can be divided into contact (coordinate measuring machines or CMM) and non-contact (optical and laser 2D/3D scanning systems). The first group of PCS is suitable for solid materials. The second group allows you to work with both soft and hard materials. In both cases, the result is a set of points having an unambiguous coordinate definition in two- or three-dimensional space [12].

The main working elements of an optical 2D/3D scanner are a light source and cameras that allow you to obtain a stereoscopic image. To date, there are no universal cameras that would allow obtaining high-precision macromodels (over 1 meter), mesomodels (less than 1 meter) and micromodels (less than 1 mm) of objects. When comparing the dimensions of a manufactured part, in the case of 2D scanning, a comparison is made with a drawing, and in the case of 3D scanning with a solid-state model. Moreover, the drawing and the solid-state 3D model are developed in external CAD programs. Sometimes, when 3D scanning large objects, photogrammetry tools are used, allowing you to create a reference network relative to which individual scans obtained during 3D scanning are positioned.

The scanning of the centrifugal wheel was carried out by an optical scanner EX Scan Pro_V3.7.0.3. According to the following algorithm, Figure 7 shows a photo of the work on the scan of a project employee.

1. Performing calibration;
2. Scanning mode: manual high-precision;
3. Table turns 8 steps were selected;
4. To increase the accuracy of capture and increase the accuracy, we scan one part several times at different angles, create 16 fragments;
5. After scanning in the EX Scan Pro_V application, we combine 16 scans (choosing with 3 or 4 points);
6. Edit the resulting point cloud. Remove excess, clean up noise and save the file in a suitable format;
7. Globalization of the grid. This process helps to improve the quality of the scan;
8. Creating a polygonal grid (stl model).

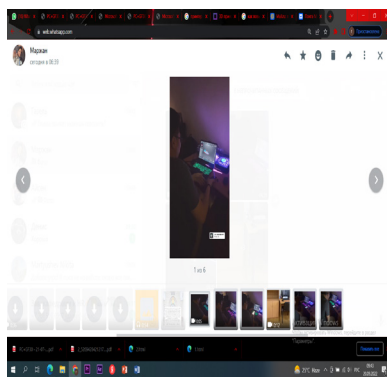


Figure 7. Photo report of scanning work

Figure 8a shows a part of the “centrifugal wheel”, Figure 8b shows its polygonal model.

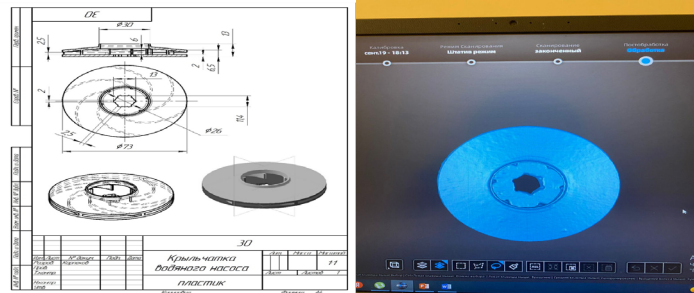


Figure 8. Wheel model a) geometric model b) polygonal model

The Geomagic Design X program was used to evaluate the printing accuracy of centrifugal wheels. 3D scanning data processing software allows you to create virtual three-dimensional models of physical objects in order to perform geometry control and reverse engineering in CAD/CAM/CAE systems [13-16].

This program allows you to:

- correct errors in the scanned model;
- create polygonal grids and full-fledged parametric solid-state models;
- analyze possible changes and errors;
- conduct a comparative analysis;
- perform size and quality control of physical objects.

Figure 9 shows a model of the initial geometry of the centrifugal wheel with a printed model.

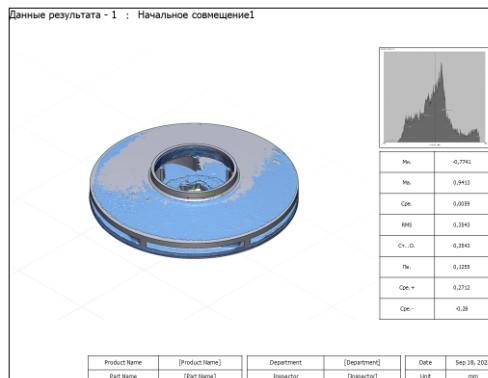


Figure 9. Combining a 3D model (KOMPAS) and a printed model with SLA technology

The construction of a map of deviations of geometric dimensions before compensation and after compensation of geometry is shown in Figure 10.

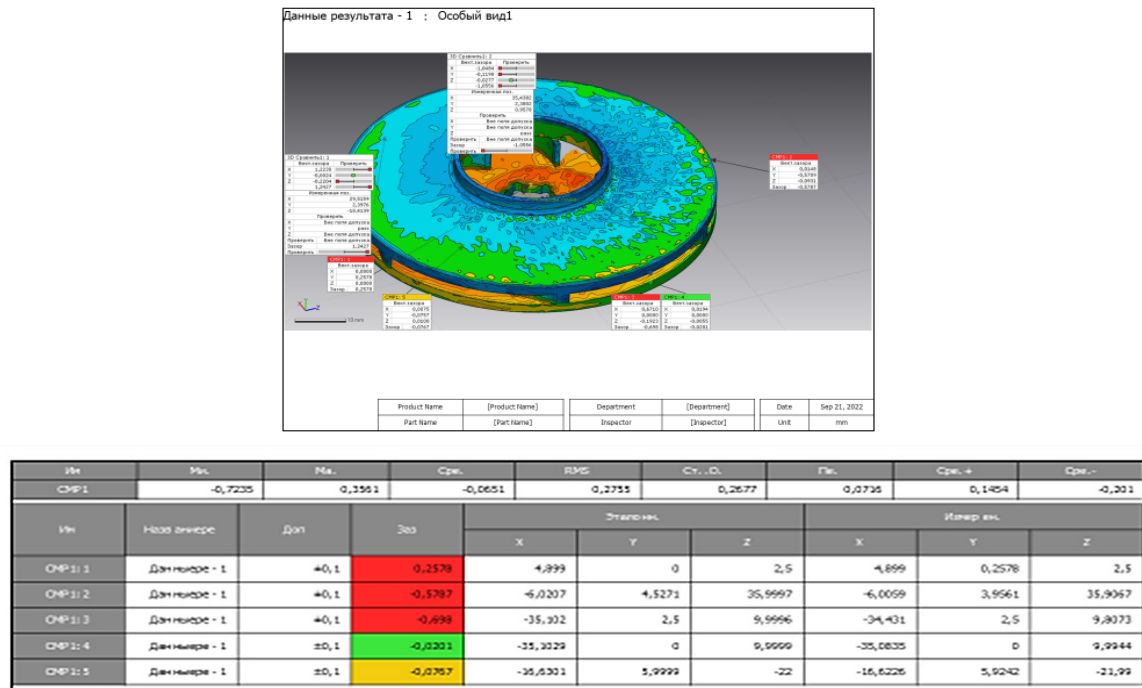


Figure 10. Measurement results of 3D model and printed wheel model

After certain deviations due to the 3D printing error, a newly compensated geometric 3-dimensional model of the wheel was created, but taking into account the printing error. The results of measurements of the compensated geometry are shown in Figure 11.

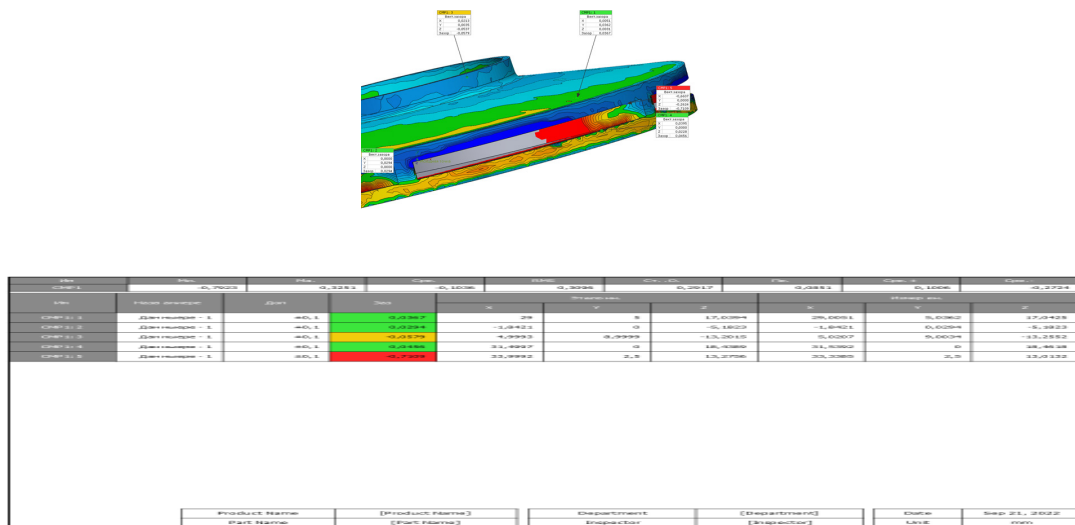


Figure 11. Measurement results of the 3D model and the compensated printed wheel model

Repeated scanning of the compensated geometry determined the maximum error of the printed part $\delta_{max} = 0,05\text{mm}$, which will not significantly affect the kinematics of the fluid flow in the wheel during pump tests.

According to the experimental data on the influence of technological parameters of printing on the quality of the model and the measurement results, the regression equation (1) was derived

$$y = -0,17X_1^2 + 0,0603X_2 + 0,2681 \quad (1)$$

where: X_1 and X_2 , respectively, print speed and layer thickness.

3. Results and discussion

Experimental studies within the framework of this work were carried out at the test stand of the Department of Mechanical Engineering, which was assembled and automated, the finished stand and the window of measurement results are shown in Figure 12.

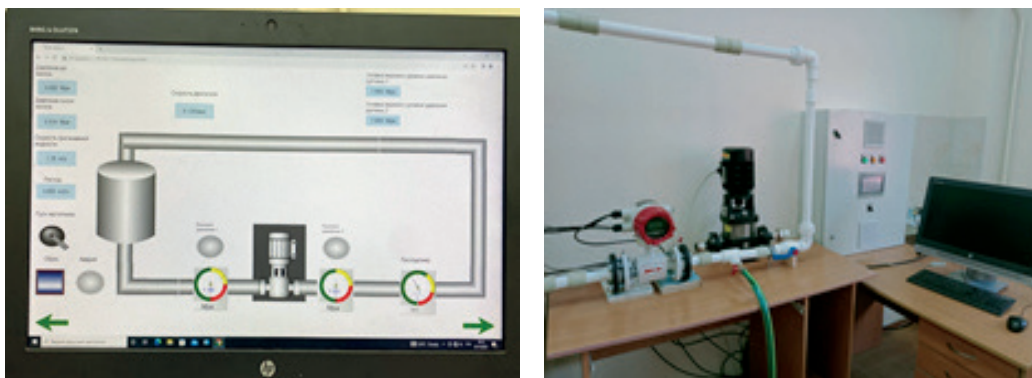


Figure 12. Diagram and readings on the laboratory stand

The stand is filled from the technical water supply and operates on a closed liquid circulation system. The installation of the stand consisted of an experimental pump of the SVM 3 with an engine, a tank with a capacity of 0,05 m³, measuring equipment, a pipeline system with shut-off and control valves, as well as a control box.

The drive of the experimental pump was an adjustable electric motor with a power of 0,8 kW. The maximum speed of the electric motor is 2850 rpm. The flow meter records the flow values.

Digital pressure gauges controlled the pressure drop at the pump inlet and outlet. The supply of the experimental pump was regulated by means of a valve on the pressure line. The measuring equipment provided the ability to remove energy characteristics in accordance with existing requirements and was transmitted via wi-fi to a stationary computer.

In general, the method of testing the pump to remove their pressure and energy characteristics corresponded to the developed recommendations in [17]. Further, only general provisions are noted in determining the quantities necessary to determine experimental dependencies

$$H = f(Q), N = f(Q), \eta = f(Q)$$

The flow was measured by a flow meter.

The pressure of the experimental pump was calculated from the readings of pressure gauges measuring the pressure in the inlet and outlet dimensional sections, calculated by the formula (2)

$$H = \frac{P_D - P_S}{\gamma}, \text{ M,} \tag{2}$$

where: P_S, P_D – are the readings of pressure gauges in the suction and discharge dimensional sections, respectively, γ – **specific gravity of water**,

The power on the shaft of the experimental pump was determined using

$$N_S = U \cdot I \cdot \eta_E \cdot \eta_N \cdot \cos\varphi \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

where: U – is the mains voltage, V;

I – the current strength of the consumer from the network, A;

η_E – engine efficiency, $\eta_E = 0,9$;

η_N – network efficiency, $\eta_N = 0,95$.

$\cos\varphi = 0,87$

$$\eta = \frac{9,8 \cdot Q \cdot H}{3,6 \cdot N_S}, \text{ BТ} \quad (4)$$

The measurement results of the equipment are shown in Table 4

Table 4. Measurement results

№	Q m ³ /h	P MPa	H m	U V	I A	V m/min
1	3.3	0.018	1.836735	228	3.2	1.01
2	3.1	0.1	10.20408	226.8	3.18	0.89
3	2.9	0.18	18.36735	226.3	3.15	0.77
4	2.5	0.28	28.57143	226	3.1	0.72
5	2	0.335	34.18367	225.5	3.05	0.54
6	1.5	0.385	39.28571	225	3	0.49

Estimation of measurement result errors. The results of field studies inevitably contain errors of various origins, when conducting experimental studies, it is mandatory to assess the accuracy of the measured values. Taking into account [38], it can be concluded that systematic errors are decisive in the experimental study of centrifugal pumps.

The relative margin of error in determining the feed was determined by the formula:

$$\Delta Q = \sqrt{\delta Q^2 + \delta n^2}, \% \quad (5)$$

where: δQ^2 – relative marginal error of feed measurement, %.

δn^2 – relative marginal error of measuring the engine shaft speed

σ_Q – the average quadratic relative error of the feed measurement.

The errors of direct and indirect measurements are given in Tables 5 and 6.

Table 5. Errors of direct measurements

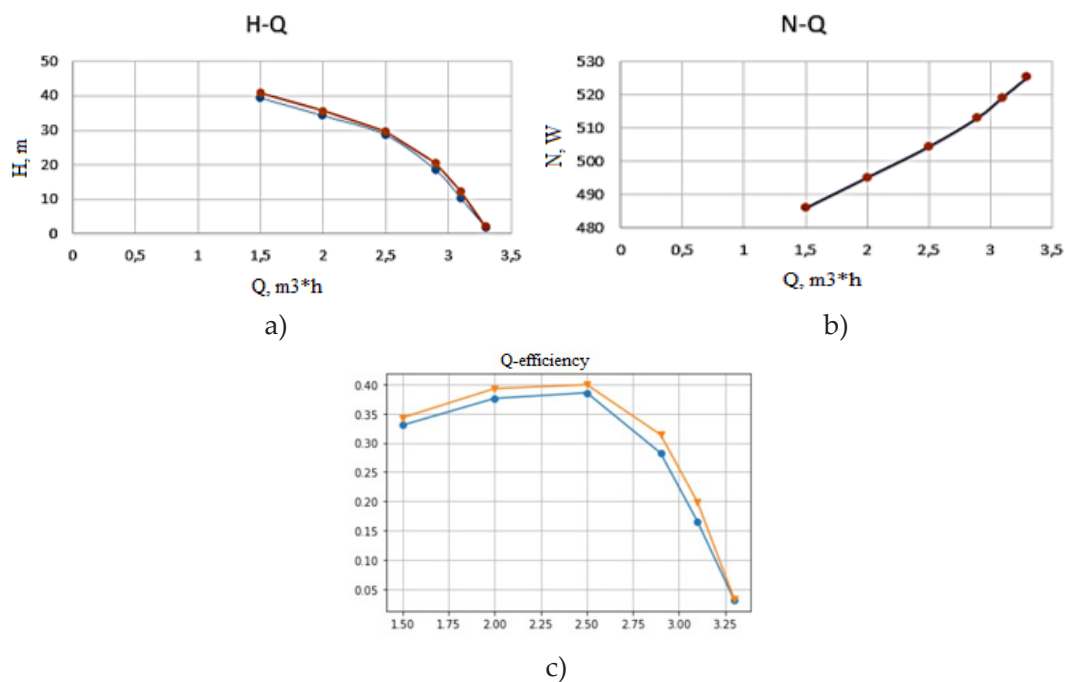
Measured parameter	Absolute margin of error, %	Relative margin of error, %	RMS relative error, %
Pressure drop at the pump Δ_{pu} , MPa	0.4	0.51	0.24
Mains voltage, V	0.3	0.41	0.16
Current strength, A	0.4	0.32	0.16
Supply Q , m ³ /h	0.4	0.2	0.1

Table 6. Errors of indirect measurements

The determined value	Permissible limit error of the test, %	Relative margin of error,%	RMS relative error,%
Supply Q, m ³ /s	3.0	1.79	0.9
Pressure H, m	3.0	0.91	0.48
Power N, W	3.0	1.02	0.51
Efficiency η , %	5.0	2.14	1.07

Based on the analysis of the data in Tables 5, 6, it can be concluded that the errors in determining the pressure parameters of the experimental pump according to [18] did not exceed the permissible limits.

Graphs of the pressure and energy characteristics of the impeller model with a heterogeneous grid are shown in Figure 13.



- a) characteristic head (blue line for pump with initial wheel geometry, red line for pump with heterogeneous grid)
- b) characteristic of the power on the pump shaft
- c) efficiency characteristic (blue line for a pump with the original wheel geometry, red line for a pump with a heterogeneous grid)

Figure 13. Pressure and energy characteristics of the pump

Analyzing the pressure and energy characteristics of a pump with a factory impeller and a prototype of a wheel with a modified grid, it can be concluded that the discrepancy in the results of the pressure is about 4%. At the same time, the maximum efficiency values diverge by 3%.

4. Conclusion

Based on the results of the research presented in the article, the following conclusions were made:

- Rapid prototyping technology made it possible to create a modified centrifugal pump impeller with 3D printing technology using the SLA method;

– Coefficients regression equation of the dependence of the geometric deviations of the printed wheel on factors such as the printing speed of the main layers, the printing speed of the current layers, the thickness of the layers indicates a greater influence of the printing speed factor;

– A technique for optimizing the geometry accuracy of printed impellers using reverse engineering technology has been created;

– The tests of the pump with modified impellers showed an increase in pressure by 4%, and an increase in efficiency by 3%.

The prospect of using rapid prototyping for mechanical engineering is economically obvious, since these devices significantly accelerate the process of developing new products, significantly reduce the risks of design errors, reduce the cost of obtaining a layout, and are already available to most Kazakhstan enterprises at their prices.

References

1. Plokhikh Yu. V., Innovacionnaya deyatel'nost' na malom predpriyatii /Yu. V. Plokhikh // Uchebnoe posobie. – Omsk: Min.obr.nauki Rossii, OmGTU, 2017
2. Abdullayev, A. R. Riski v innovacionnyh proektah: prichiny poyavleniya, integral'nye riski, ekspertiza proektov s uchetom riskov / A. R. Abdullayev, L. A. Myl'nikov, E. E. Vassilieva // Ekonomicheskij analiz: teoriya i praktika. – 2012. – № 40. – S. 41–49.
3. Averchenkov, V. I. Innovacionnyj menedzhment [Electronic resource] : ucheb. posobie dlya vuzov / V. I. Averchenkov, Ye. Ye. Vainmayer. – Elektron. tekst. dan. – Bryansk : Bryanskij gos. tekhn. un-t, 2012. – 293 s. – URL: <http://www.irrbookshor.ru/6995>. – EBS «IRRbooks», po parolyu.
4. Agarkov, A. P. Upravlenie innovacionnoj deyatel'nost'yu [Electronic resource]: uchebnik dlya bakalavrov / A. P. Agarkov, R. S. Golov. – Elektron. tekst. dan. – M. : Dashkov i K, 2014. – 208 s. – URL: <http://www.irrbookshor.ru/24766>. – EBS «IRRbooks», po parolyu.
5. Belyaev, YU. M. Innovacionnyj menedzhment [Electronic resource] : uchebnik / YU. M. Belyaev. – Elektron. tekst. dan. – M. : Dashkov i K : Yuzhnyj institut menedzhmenta, 2013. – 220 s. – Rezhim dostupa: <http://www.irrbookshor.ru/14041>. – EBS «IRRbooks», po parolyu.
6. [Electronic resource]. – URL: <https://postnauka.ru/wtf/155994> /Kak rabotaet «fabrika budushchego»? elektronnyj portal Post Nauka.
7. El Saddik A. Digital twins: the convergence of multimedia technologies //IEEE MultiMedia. – 2018. – T. 25. – №. 2. – S. 87-92.
8. Söderberg R. et al. Toward a Digital Twin for real-time geometry assurance in individualized production //CIRP Annals. – 2017. – T. 66. – №. 1. – S. 137– 140.
9. Chelpanov I.B., Nikiforov S.O., Kocheva T.V., Nikiforov B.S. Mashinnye dizajn-tehnologii bystrogo prototipirovaniya. Vestnik Buryatskogo Gosudarstvennogo Universiteta 2010/9, str.283-294
10. Saprykin A.A., Saprykina N.A. Primenenie Tekhnologii Bystrogo Prototipirovaniya Pri Izgotovlenii Gorno-Shahtnogo Oborudovaniya. Gornyj Informacionno-Analiticheskij Byulleten' (Nauchno-Tekhnicheskij Zhurnal). 20.07.2004, Byul. №20.
11. Nuzhnov E.V., Denisenko V.A., Pshenokova I.A., Kagazezhev A.M., Kokov A.A., Goshokova F.M. Tekhnologii bystrogo prototipirovaniya dlya povysheniya effektivnosti processov proektirovaniya, Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN, 2014, vypusk 5, 49–55
12. Petrov M.A., El'dib I.S.A., Azat'yan E.M. Opticheskoe 3D-skanirovanie i ocnka geometricheskoy tochnosti izgotovleniya detalej i prototipov Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. 2019. Vyp. 12
13. Belyaev M.V. Vozmozhnosti portativnyh triangulyacionnyh 3D skanerov v trasologicheskikh issledovaniyah. Vestnik ekonomicheskoy bezopasnosti. ISSN: 2414-3995, №6 2022
14. Yaghi, A., S. Afazov, A. Holloway, and W. Denmark. “Comparison of fast finite element modelling techniques for prediction of distortion and residual stresses in laser powder bed fusion.” Design and Manufacturing Simulation of Additive Manufacturing (2017).
15. Gao W., Zhang Y., Ramanujan D., Ramani K., Chen Y., Williams C.B., Wang C.CL, Shin Y.C., Zhang S., Zavattieri P.D. The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering// Computer-Aided Design 69 (2015): 65-89. doi: 10.1016/j.cad.2015.04.001

16. Gouge M., Michaleris P. An Introduction to Additive Manufacturing Processes and Their Modeling Challenges/ In Thermo-Mechanical Modeling of Additive Manufacturing, pp. 3-18. Butterworth-Heinemann, 2018.

17. GOST 6134-2007. Nasosy dinamicheskie. Metody ispytaniy [Tekst]. – Vzamen GOST 6134-87; vved. 2008-06-01. – M.: Standartinform. – 30 s. – (Mezhhgosudarstvennyj standart).

18. GOST 8.586.1-5-2005. Izmerenie raskhoda i kolichestva zhidkostej i gazov s pomoshch'yu standartnyh suzhayushchih ustrojstv [Tekst]. – vved. 2007-07– 01. – M.: Standartinform. – 26 s. – (Mezhhgosudarstvennyj standart).

М.Е Исаметова, Г.С. Әбілєзова, А.М. Дүйсенғали, А.Н. Тұрсынбаева
Satbayev University, Алматы, Қазақстан

Сорғы құрылысында жылдам прототиптеу технологиясын қолдану

Аңдатпа. Мақалада тиімділікті арттыру мақсатында орталықтан тепкіш сорғының жұмыс дөңгелегін өзгерту кезінде жылдам прототиптеу технологиясын қолдану нәтижелері келтірілген. Технологияны іске асыру нәтижесінде негізгі қабаттардың басып шығару жылдамдығы, ағымдағы қабаттардың басып шығару жылдамдығы, қабаттардың қалыңдығы сияқты параметрлердің басып шығарылған өнімдердің геометриялық дәлдігіне әсері зерттелді. Эксперименттердің нәтижелері бойынша беру жылдамдығының OZ осіне әсері анықталды, жылдамдықтың жоғарылауы бетінің сапасының төмендеуіне, кедір-бұдырдың жоғарылауына әкеледі. Қабаттар арасындағы қашықтық 0,15 мм/с құрайды, Ra 6,3 мкм кедір-бұдырды алады, ал оң жақта біз қабаттар арасында 0,05 мм/с қашықтықты қолданып, Ra1,6 мкм кедір-бұдырды аламыз. Мақалада басып шығарылған өнімдердің қаттылығына ультрафиолет камерасындағы экспозиция уақыты мен экспозиция уақытының әсерін талдау нәтижелері келтірілген. Мақалада оптикалық сканерді қолдану негізінде реверсинг технологиясы негізінде прототиптердің геометриясын анықтау және өтеу әдістемесі келтірілген. Модификацияланған доңғалақ прототипі бар орталықтан тепкіш сорғының сынақтары жаңа өнімдерді жобалау циклін қысқарту, сондай-ақ оларды әзірлеу құнын төмендету үшін жылдам прототиптеу сияқты инновацияларды қолдану қажеттілігін растайды.

Түйін сөздер: жылдам прототиптеу, сандық егіздер, 3D принтерлер, басып шығару параметрлері, тиімділік, орталықтан тепкіш сорғы және кері инженерия.

М.Е Исаметова, Г.С.Абилєзова, А.М. Дуйсенғали, А.Н. Турсынбаева
Satbayev University, Алматы, Казахстан

Применение технологии быстрого прототипирования в насосостроении

Аннотация. В статье приведены результаты применения технологии быстрого прототипирования при модификации рабочего колеса центробежного насоса в целях повышения КПД. В результате реализации технологии были изучены влияние параметров, таких, как скорость печати основных слоев, скорость печати текущих слоев, толщина слоев на геометрическую точность напечатанных изделий. По результатам экспериментов было выявлено влияния скорости подачи на ось OZ, увеличение скорости приведет к более низкому качеству поверхности, более высокой шероховатости. Расстояние между слоями 0,15 мм/с, получая шероховатость Ra6,3 мкм, а в правом случае мы использовали расстояние 0,05 мм/с между слоями, получая шероховатость Ra1,6 мкм. В статье приведены результаты анализа влияния времени экспозиции и времени выдержки в УФО-камере на твердость напечатанных изделий. В статье приведена методика определения и компенсации геометрии прототипов на базе технологии реверсинженеринга на основе применения оптического сканера. Проведенные испытания центробежного насоса с прототипом модифицированного колеса подтверждают

необходимость применения таких инноваций, как быстрое прототипирование для сокращения цикла проектирования новых изделий, а также снижения себестоимости на их разработку.

Ключевые слова: быстрое прототипирование, цифровые двойники, 3D-принтеры, параметры печати, эффективность, центробежный насос и обратный инжиниринг.

References

1. Plokhikh Yu. V., Innovacionnaya deyatel'nost' na malom predpriyatii /Yu. V. Plokhikh // Uchebnoe posobie. – Omsk: Min.obr.nauki Rossii, OmGTU, 2017
2. Abdullayev, A. R. Riski v innovacionnyh proektah: prichiny poyavleniya, integral'nye riski, ekspertiza proektov s uchetom riskov / A. R. Abdullayev, L. A. Myl'nikov, E. E. Vassilieva // Ekonomicheskij analiz: teoriya i praktika. – 2012. – № 40. – S. 41–49.
3. Averchenkov, V. I. Innovacionnyj menedzhment [Elektronnyj resurs] : ucheb. posobie dlya vuzov / V. I. Averchenkov, Ye. Ye. Vainmayer. – Elektron. tekst. dan. – Bryansk : Bryanskij gos. tekhn. un-t, 2012. – 293 s. – URL: <http://www.irrbookshor.ru/6995>. – EBS «IRRbooks», po parolyu.
4. Agarkov, A. P. Upravlenie innovacionnoj deyatel'nost'yu [Elektronnyj resurs]: uchebnik dlya bakalavrov / A. P. Agarkov, R. S. Golov. – Elektron. tekst. dan. – M. : Dashkov i K, 2014. – 208 s. – URL: <http://www.irrbookshor.ru/24766>. – EBS «IRRbooks», po parolyu.
5. Belyaev, YU. M. Innovacionnyj menedzhment [Elektronnyj resurs] : uchebnik / YU. M. Belyaev. – Elektron. tekst. dan. – M. : Dashkov i K : Yuzhnyj institut menedzhmenta, 2013. – 220 s. – Rezhim dostupa: <http://www.irrbookshor.ru/14041>. – EBS «IRRbooks», po parolyu.
6. [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://postnauka.ru/wtf/155994> /Kak rabotaet «fabrika budushchego»? elektronnyj portal Post Nauka.
7. El Saddik A. Digital twins: the convergence of multimedia technologies //IEEE MultiMedia. – 2018. – T. 25. – №. 2. – S. 87-92.
8. Söderberg R. et al. Toward a Digital Twin for real-time geometry assurance in individualized production //CIRP Annals. – 2017. – T. 66. – №. 1. – S. 137– 140.
9. Chelpanov I.B., Nikiforov S.O., Kocheva T.V., Nikiforov B.S. Mashinnye dizajn-tehnologii bystrogo prototipirovaniya. Vestnik Buryatskogo Gosudarstvennogo Universiteta 2010/9, str.283-294
10. Saprykin A.A., Saprykina N.A. Primenenie Tekhnologii Bystrogo Prototipirovaniya Pri Izgotovlenii Gorno-Shahtnogo Oborudovaniya. Gornyj Informacionno-Analiticheskij Byulleten' (Nauchno-Tekhnicheskij Zhurnal). 20.07.2004, Byul. №20.
11. Nuzhnov E. V., Denisenko V. A., Pshenokova I. A., Kagazezhev A. M., Kokov A. A., Goshokova F. M. Tekhnologii bystrogo prototipirovaniya dlya povysheniya effektivnosti processov proektirovaniya, Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN, 2014, vypusk 5, 49–55
12. Petrov M.A., El'dib I.S.A., Azat'yan E.M. Opticheskoe 3D-skanirovanie i ocenka geometricheskoy tochnosti izgotovleniya detalej i prototipov Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. 2019. Vyp. 12
13. Belyaev M.V. Vozmozhnosti portativnyh triangulyacionnyh 3D skanerov v trasologicheskikh issledovaniyah. Vestnik ekonomicheskoy bezopasnosti. ISSN: 2414-3995, №6 2022
14. Yaghi, A., S. Afazov, A. Holloway, and W. Denmark. "Comparison of fast finite element modelling techniques for prediction of distortion and residual stresses in laser powder bed fusion." Design and Manufacturing Simulation of Additive Manufacturing (2017).
15. Gao W., Zhang Y., Ramanujan D., Ramani K., Chen Y., Williams C.B., Wang C.CL, Shin Y.C., Zhang S., Zavattieri P.D. The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering// Computer-Aided Design 69 (2015): 65-89. doi: 10.1016/j.cad.2015.04.001
16. Gouge M., Michaleris P. An Introduction to Additive Manufacturing Processes and Their Modeling Challenges/ In Thermo-Mechanical Modeling of Additive Manufacturing, pp. 3-18. Butterworth-Heinemann, 2018.
17. GOST 6134-2007. Nasosy dinamicheskie. Metody ispytaniy [Tekst]. – Vzamen GOST 6134-87; vved. 2008-06-01. – M.: Standartinform. – 30 s. – (Mezhgosudarstvennyj standart).
18. GOST 8.586.1-5-2005. Izmerenie rashhoda i kolichestva zhidkostej i gazov s pomoshch'yu standartnyh suzhayushchih ustrojstv [Tekst]. – vved. 2007-07– 01. – M.: Standartinform. – 26 s. – (Mezhgosudarstvennyj standart).

Information about authors:

M. Isametova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Satbayev University, 22 Satpayev Street, Almaty, Kazakhstan.

G. Abilezova – Master of Technical Sciences, Assistant, Satbayev University, 22 Satpayev Street, Almaty, Kazakhstan.

A. Duisengali – Master of Technical Sciences, postdoctoral student, Satbayev University, 22 Satpayev Street, Almaty, Kazakhstan.

A. Tursynbayeva – PhD student, Satbayev University, 22 Satpayev Street, Almaty, Kazakhstan.

М.Е Исаметова – т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Satbayev University, Сәтпаев көшесі 22, Алматы, Қазақстан.

Г.С. Әбілезова – т.ғ.м., ассистент, Satbayev University, Сәтпаев көшесі 22, Алматы, Қазақстан.

А.М. Дүйсенғали – т.ғ.м., постдокторант, Satbayev University, Сәтпаев көшесі 22, Алматы, Қазақстан.

А.Н. Тұрсынбаева – докторант, Satbayev University, Сәтпаев көшесі 22, Алматы, Қазақстан.

М.Е Исаметова – к.т.н., ассоциированный профессор, Satbayev University, ул. Сатпаева, 22, Алматы, Казахстан.

Г.С. Абилезова – м.т.н., ассистент, Satbayev University, ул. Сатпаева, 22, Алматы, Казахстан.

А.М. Дүйсенғали – м.т.н., постдокторант, Satbayev University, ул. Сатпаева, 22, Алматы, Казахстан.

А.Н. Тұрсынбаева – докторант, Satbayev University, ул. Сатпаева, 22, Алматы, Казахстан.

Б.Б. Тогизбаева¹, К.Т. Шеров², А.С. Даньярова^{1*}, Д.М. Мамбетов¹

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

²Казахский агротехнический исследовательский университет

им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

(E-mail togizbayeva_bb@enu.kz, k.sherov@kazatu.edu.kz, *d_b@bk.ru, dulat7172@mail.ru)

Обзор разработанных систем быстросъемного устройства гидравлического экскаватора

Аннотация. Как известно, на сегодняшний день гидравлический экскаватор является одним из ведущих многофункциональных машин, которые эксплуатируются по многоцелевым назначениям, а также находят все большее применение благодаря широкому использованию сменных рабочих органов и рабочего оборудования. Важно отметить, что использование широкой номенклатуры сменного рабочего оборудования и рабочих органов экскаваторов не только повышает производительность машин, но и уровень механизации работ. Возможность легкой замены насадок повышает эффективность и сводит к минимуму вероятность повреждения или износа оборудования, связанные с заменой насадок вручную.

Вместе с тем это позволит сократить время на замену рабочего органа и ускорить процесс выполнения работ.

В данной статье произведен анализ и обзор исследований: публикации, патенты; также представлена оценка качества предлагаемых решений систем быстрого крепления на гидравлических экскаваторах.

Ключевые слова: экскаватор, быстросъемный механизм, квик-каплер, рабочее оборудование.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-193-203

1. Введение

Гидравлический экскаватор состоит из трех основных частей: ходовой части, верхней конструкции и переднего крепления. Верхняя конструкция вращается на ходовой части. Соответственно, производительность гидравлического экскаватора зависит от производительности переднего навесного устройства. Рабочее оборудование гидравлического экскаватора состоит из трех основных частей: стрелы, рукояти и рабочего органа [2].

Экскаватор относится к категории специальной техники, без которой невозможно производство работ на строительных площадках и выполнение монтажа/демонтажа конструкций, а также землеройных и землеустроительных работ. Вместе с тем, трудно представить гидравлический экскаватор без различного рода сменных рабочих оборудований, которые заменяются в процессе, в зависимости от сложности и характера работ [4].

Для замены ковша или любого другого навесного оборудования экскаватора оператору необходимо вызвать помощников и вручную заниматься заменой рабочего органа. Обычно

на этот процесс затрачивается значительное количество времени, так как замена навесного оборудования происходит в полевых условиях и иногда происходит в сложных погодных условиях, при плохой видимости и прочих неблагоприятных условиях. Процесс замены оборудования длится около 30-60 мин: оператору необходимо самому выйти из кабины экскаватора, выбить молотком пальцы из переходной плиты одного оборудования, вернуться в кабину, повернуть стрелу к другому оборудованию, точно попасть рукоятью в переходную плиту другого оборудования, установить обратно пальцы, и вернуться обратно в кабину [4].

Более того, как показывает практика: если на площадке выполняются комбинированные работы и экскаватор всего один, то необходимо прибегать к замене органа 4-5 раза. В таком случае операторы экскаваторов чаще всего отказываются заменять ковш на другое оборудование, и продолжают выполнять другие операции ковшом: ковшом и копают, и демонтируют бетонные строения, а также забивают сваи. Все эти манипуляции приводят к поломке ковша, что в свою очередь приводит к разрушению стрелы в целом.

1.2. Классификация типов экскаваторов с быстроразъемным устройством

В Казахстане есть несколько крупных компаний, которые производят и поставляют экскаваторы, такие как JCB, Caterpillar, Hitachi и Komatsu. Распространенные типы из них:

- **Мини-экскаваторы.** Мини-экскаваторы — это небольшие экскаваторы, которые обычно имеют вес менее 6 метрических тонн. Они часто используются для озеленения, рытья траншей и других мелкомасштабных строительных проектов (Bobcat E10z (1,2 т), Kubota U17-3α (1,7 т), Caterpillar 301.5 (1,5 т), Yanmar ViO17 (1,7 т), JCB 8014 (1,5 т).

- **Экскаваторы среднего размера.** Экскаваторы среднего размера имеют вес в диапазоне от 6 до 10 метрических тонн. Они обычно используются для общих земляных работ и проектов по сносу зданий (Komatsu PC138USLC-11 (14,1 т), Volvo EC220EL (22,1 т), Hitachi ZX210-6 (22,4 т), Caterpillar 320GC (21,9 т), JCB JS220LC (22,5 т).

- **Большие экскаваторы.** Вес больших экскаваторов варьируется от 10 до 90 метрических тонн. Они используются для тяжелых земляных работ, таких, как добыча полезных ископаемых, разработка карьеров и крупномасштабные строительные проекты. Hitachi ZX890LCR-6 (89,5 т), Komatsu PC700LC-11 (69,7 т), Caterpillar 390F L (94,4 т), Volvo EC950EL (95 т), Liebherr R 960 (67,6 т).

- **Экскаваторы-погрузчики.** Экскаваторы-погрузчики — это универсальные машины, которые сочетают в себе фронтальный погрузчик и экскаватор, установленный сзади. Они часто используются для копания и погрузки материалов в строительстве, ландшафтном дизайне и сельском хозяйстве (JCB 3CX (8,2 т), Caterpillar 450 (13,9 т), Case 580 Super N (8,3 т), Volvo BL70 (8,5 т), Kubota L47TLB (4,4 т).

Экскаваторы без систем быстроразъемных соединений, как правило, являются более старыми моделями, поскольку быстроразъемные соединения стали обычным элементом современных конструкций экскаваторов. Некоторые примеры экскаваторов без систем быстроразъемного соединения включают:

- Caterpillar 320B. Эта модель экскаватора была представлена в начале 2000-х годов и не имеет системы быстроразъемного соединения. Она оснащена гидравлическим большим пальцем для захвата и перемещения предметов.

- Komatsu PC200-6. Эта модель также была представлена в начале 2000-х годов и не имеет системы быстрого соединения. Она оснащена ручным быстрым сцеплением, при котором оператору требуется выйти из кабины для смены навесного оборудования.

- Hitachi EX200-5. Эта модель экскаватора была выпущена в конце 1990-х – начале 2000-х годов и не имеет системы быстроразъемного соединения. Она оснащена ручным быстрым сцеплением и гидравлическим большим пальцем для захвата и перемещения предметов.

- Volvo EC210BLC. Эта модель была представлена в середине 2000-х годов и не имеет системы быстрого соединения. Она оснащена ручным быстрым сцеплением и гидравлическим большим пальцем.
- JCB JS220. Эта модель экскаватора была представлена в середине 2000-х годов и не имеет системы быстроразъемного соединения. Она оснащена ручным быстрым сцеплением и гидравлическим большим пальцем для захвата и перемещения предметов.

В данном исследовании предлагается изучение и моделирование быстроразъемного механизма для экскаватора JCB JS205LC, которое, в свою очередь, обеспечит легкую замену навесного оборудования, тем самым повышает эффективность и производительность работ и сводит к минимуму вероятность повреждения оборудования. Экскаватора JCB JS205LC является наиболее распространенным и популярным среди потребителей отечественного рынка. Точное количество экскаваторов на сегодняшний день определить довольно сложно, но стоит отметить, что в процессе изучения и анализа рынка было установлено количество зарегистрированных рабочих экскаваторов 243 единиц по Республике Казахстан [данные из 11,12,13].



Рисунок 1. Гусеничный экскаватор JCB JS205LC

Гусеничный экскаватор JCB JS205LC отличается долговечностью, исключительной производительностью и удобством. Его характеристики и возможности делают его надежным выбором для различных строительных и земляных работ, обеспечивая эффективность, продуктивность и удовлетворенность оператора.

2. Методы решения исполнения системы быстроразъемного механизма для гидравлического экскаватора

В 1960-х годах была разработана одна из самых ранних версий системы быстрого соединения, в которой использовался ручной запирающий механизм. Однако эта система была подвержена ошибкам оператора и проблемам безопасности, что привело к разработке гидравлических запорных механизмов в 1980-х годах.

Сегодня доступно несколько типов быстроразъемных систем, включая механические, гидравлические и полностью автоматические системы. Механические системы используют стопорный штифт и клин для крепления насадки, в то время как гидравлические системы используют цилиндр для фиксации насадки на месте. Полностью автоматические системы используют датчики и гидравлику для автоматической фиксации навесного оборудования на месте.

Гидравлическая быстроразъемная муфта для экскаватора – это устройство, которое позволяет быстро и легко присоединять и отсоединять различное навесное оборудование экскаватора, такое, как ковши, отбойные молотки и большие пальцы, используя гидравлическое усилие.

Одним из недостатков гидравлических быстроразъемных муфт для экскаваторов является потенциальная утечка гидравлической жидкости. Высокое давление и постоянное движение в гидравлических системах могут увеличить риск выхода из строя уплотнений или проблем с подключением, приводящих к утечкам. Утечки гидравлической жидкости не только приводят к потере жидкости, но и могут загрязнять окружающую среду и представлять угрозу безопасности. Кроме того, утечки жидкости могут привести к снижению производительности и КПД системы, что потребует дополнительных усилий по техническому обслуживанию и ремонту для устранения проблемы.

Автоматическое быстроразъемное устройство для экскаватора – это устройство, которое позволяет быстро и легко присоединять, и отсоединять различное навесное оборудование экскаватора, такое, как ковши, отбойные молотки и большие пальцы с помощью автоматизированного механизма.

Одним из недостатков автоматического быстроразъемного устройства является возможность непреднамеренного или преждевременного расцепления. Автоматический механизм, предназначенный для обеспечения удобства и скорости отсоединения навесного оборудования, иногда может срабатывать неожиданно или преждевременно из-за различных факторов, таких, как вибрация, механические неполадки или условия окружающей среды. Это может привести к отсоединению крепления во время критических операций, что создает угрозу безопасности оператора и потенциально может привести к повреждению оборудования или окружающих конструкций. Чтобы снизить этот риск, необходимо регулярное техническое обслуживание и проверки для обеспечения надлежащего функционирования и надежности автоматического быстроразъемного устройства. Кроме того, обучение оператора и соблюдение протоколов безопасности имеют решающее значение для сведения к минимуму вероятности случайного высвобождения и обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации.

Механическое быстроразъемное соединение для экскаватора – это устройство, которое позволяет быстро и легко присоединять, и отсоединять различное навесное оборудование экскаватора, такое, как ковши, отбойные молотки и большие пальцы.

Преимущества механического быстроразъемного соединения включают повышенную эффективность и производительность, поскольку оно устраняет необходимость в ручной замене насадок, что может отнимать много времени и трудоемкости. Кроме того, это обеспечивает большую гибкость и универсальность в использовании экскаватора, поскольку различное навесное оборудование можно легко заменять по мере необходимости для различных задач. Важно отметить, что при использовании быстроразъемного устройства следует соблюдать надлежащую подготовку и правила техники безопасности, поскольку неправильное использование может привести к несчастным случаям и травмам.

3. Результаты и обсуждение

Система быстроразъемного соединения – это механизм, используемый для быстрого и легкого присоединения и отсоединения гидравлических или механических инструментов и навесного оборудования к тяжелой технике, такой, как экскаваторы и экскаватор-погрузчики. Наиболее популярные зарубежные ученые и инженеры, изучавшие данную тему:

– Клаус Молленхауэр – автор работы «Гидравлические экскаваторы: их конструкция и принципы работы», изучил конструкцию и эксплуатацию гидравлических экскаваторов, включая систему быстроразъемных соединений, используемую для крепления и отсоединения инструментов.

– Ассоциация инженеров автомобильной промышленности (SAE) опубликовало несколько технических документов о системе быстроразъемных соединений, используемой в тяжелой технике. Документы включают в себя «Интерфейс быстроразъемной муфты J2513 для экскаваторов» и «Интерфейс быстроразъемной муфты J2514 для колесных погрузчиков».

– Caterpillar Inc. – Компания Caterpillar является производителем тяжелой техники, которая изучила конструкцию и эксплуатацию быстроразъемных систем, используемых в их оборудовании. Они опубликовали несколько технических документов и руководств по этой теме, в том числе «Эксплуатация и техническое обслуживание гидравлических быстроразъемных систем» и «Понимание особенностей и преимуществ гидравлических муфт».

– Volvo Construction Equipment – компания-производитель тяжелой техники. Volvo также изучила систему быстроразъемных соединений, используемую в их оборудовании. Они опубликовали технические документы на эту тему, такие, как «Безопасность быстроразъемных соединений».

В целом, система быстроразъемных соединений является важным компонентом тяжелой техники, и во всем мире есть много исследователей и инженеров, которые изучали и разрабатывали различные типы быстроразъемных соединений для экскаваторов, включая механические, гидравлические и автоматические сцепные устройства.

Некоторые известные учреждения, проводившие исследования в этой области, включают университеты и исследовательские центры в таких странах, как Соединенные Штаты, Япония и Германия. Кроме того, многие компании, производящие экскаваторы и навесное оборудование, также инвестировали в разработку технологии быстроразъемных соединений.

Авторами Е.В. Дугановой, Н.А. Загородним, Д.Н. Солодовниковым, А.С. Корнеевым в работе «Studying quick coupler efficiency in working attachment system of single-bucket power shovel» («Изучение эффективности быстроразъемной муфты в системе рабочего навесного оборудования одноковшового экскаватора», 2018) обсуждается разработка прототипа быстроразъемного соединителя (quick coupler) с ненагруженным удерживающим механизмом. Конструкция прототипа была основана на анализе типичных быстроразъемных соединений, используемых в качестве промежуточных элементов для экскаваторов различных производителей. Авторы также представляют метод построения имитационной модели прототипа быстроразъемного соединения в качестве альтернативы физическому моделированию для дальнейших исследований [5].

Стоит отметить, что в данной работе продемонстрирован опыт авторов в проектировании и разработке быстроразъемных соединений, а также способность создавать имитационную модель для дальнейших исследований. Кроме того, стоит подчеркнуть потенциальную экономию средств, связанную с использованием имитационных моделей вместо физических для тестирования и разработки. Эти навыки и опыт могут иметь отношение к различным техническим областям, включая инжиниринг, производство и строительство.

Патентный поиск через всемирную базу данных PATENTSCOPE выявил 247 патентов на тему изобретения как самих быстроразъемных устройств, систем и муфт, так и соединений в системе быстрого соединения или разъединения. Из этого количества патентов для анализа отобраны 2 изобретения. Стоит отметить последнее изобретение Sebastian SCHMID (переведен на 6 языков) 2022 года, в котором приведены компактно сконструированное быстросменное соединительное устройство и система быстросъемных механизмов. Как отмечает автор, данная система позволяет упростить маневр сцепления и обеспечить повышенную безопасность. Отмечается, что узел фиксации на быстросменном соединительном устройстве, согласно настоящему изобретению, содержит, по меньшей мере, один захватный крюк, который установлен с возможностью поворота на несущем узле и на котором расположен элемент для управления поворотным перемещением

захватного крюка между сложенным и вывернутым положением. Указанный элемент управления сконструирован таким образом, чтобы приводиться в действие первым соединительным элементом и приводиться в действие независимо от блокирующего устройства. С помощью элемента управления насадка для орудия способна инициировать перемещение захватного крюка. Никаких отдельных приводов не требуется. Кроме того, элемент управления также гарантирует, что фиксирующий крюк может быть перемещен в сложенное положение, в котором возможна замена только в том случае, если соединительный элемент правильно расположен в фиксирующем крюке.

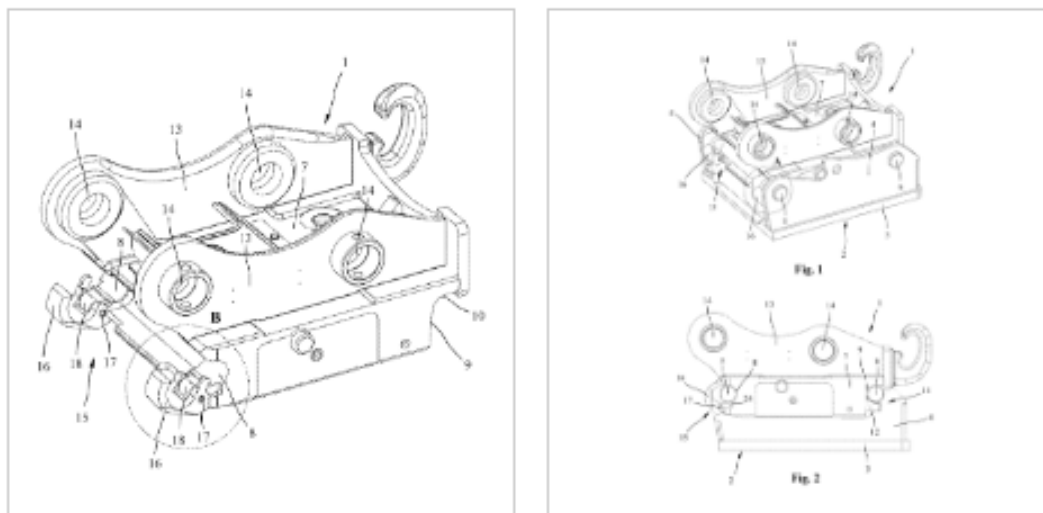


Рисунок 3. запатентованный быстросъемный механизм № 3058631

Кроме того, защелкивающийся крюк, поврежденный в результате неправильного использования, может быть легко заменен, не требуя замены всего узла крепления. Нет необходимости демонтировать или заменять весь несущий узел целиком [9].

Несомненно, внедрение описанной быстросъемной соединительной системы дает такие преимущества, как повышенная безопасность и упрощенные маневры при соединении. Однако это также сопряжено с определенными недостатками. Сложность системы по сравнению с традиционными системами подключения может привести к более высоким требованиям к производству и техническому обслуживанию, что потенциально приведет к увеличению затрат. Операторам может потребоваться обучение для эффективного использования системы, а ограничения совместимости с существующими инструментами или навесным оборудованием могут снизить ее универсальность. Несмотря на то, что система описана как надежная, все же могут возникнуть повреждения в результате неправильного использования или столкновений, требующие ремонта или замены. Для замены отдельных защелок необходимо техническое обслуживание и управление запасами, а первоначальные затраты на внедрение системы могут быть выше. Наличие множества компонентов и взаимозависимых механизмов усложняет работу и требует регулярных проверок для обеспечения надлежащей функциональности.

Авторами KIM, GIL UNG (2021) внедрен другой полезный вариант осуществления изобретения, который позволяет выполнить элемент управления в виде удлинителя фиксирующего крюка. Этот элемент управления проходит в направлении первого приемного элемента и имеет верхнюю поверхность для управления соединительным элементом. Несущий узел может иметь углубление для элемента управления, когда фиксирующий крюк находится в сложенном положении, хотя элемент управления может иметь различную конструкцию. Фиксирующий элемент может состоять из одного

или нескольких фиксирующих крючков, которые могут быть разделены или соединены. В предпочтительном варианте осуществления два фиксирующих крюка установлены с возможностью поворота на первых приемных элементах несущего узла и могут быть выполнены в виде отдельных или соединенных между собой фиксирующих крючков. Для обеспечения надежного удержания фиксирующий крюк может охватывать соединительный элемент в форме полукруга. Нижняя поверхность зацепляющего крючка может иметь упорную поверхность для примыкания к передней торцевой опорной поверхности несущего узла, в то время как верхний конец может иметь опорную поверхность для сопряжения с дополнительной поверхностью несущего узла. Для достижения надежной и удобной конструкции фиксирующий крюк может быть установлен с возможностью поворота на поперечной оси на соединительной планке несущего узла. Фиксирующий крюк может быть установлен шарнирно на поперечной оси с помощью монтажных втулок для обеспечения низкого трения и надежной защиты от износа. Штифт может закреплять поперечную ось относительно несущего узла, чтобы предотвратить ее выпадение или перекручивание. Изобретение также включает в себя быстросменную соединительную систему, которая включает в себя описанное выше быстросменное соединительное устройство и адаптер, который может быть соединен с быстросменным соединительным устройством [10].

Наряду с преимуществами данной модели существуют довольно весомые недостатки как:

– В зависимости от конкретной конструкции элемента управления и фиксирующего крючка устройство может быть более сложным в изготовлении, что потенциально увеличивает производственные затраты.

– Фиксирующие крюки, установленные на шарнире, могут требовать периодического технического обслуживания и смазки для поддержания оптимальной производительности, что может отнимать много времени и быть дорогостоящим.

– Дополнительные компоненты и функции устройства могут увеличить его вес и габариты, что потенциально может повлиять на мобильность и простоту использования в определенных приложениях.

4. Выводы

Изучение быстросъемного механизма для экскаватора является весьма актуальным за счет значительных улучшений, которые он приносит с точки зрения эффективности и безопасности. Возможность легкого переключения между навесными устройствами, повышает производительность и снижает риск травм и повреждения оборудования, связанных с заменой навесного оборудования вручную.

Быстросъемная система наряду с достоинствами имеет определенные недостатки, которые требуют рассмотрения. Во-первых, стоимость установки может быть высокой, особенно при модернизации существующих экскаваторов, и может варьироваться в зависимости от типа системы и размера экскаватора. Регулярное техническое обслуживание имеет решающее значение для обеспечения надлежащего функционирования, и несоблюдение протоколов технического обслуживания может привести к выходу оборудования из строя, что приведет к простоям и дорогостоящему ремонту. Безопасность имеет первостепенное значение, поскольку неправильная установка или использование системы быстрого отсоединения может представлять опасность для операторов и работников. Устанавливать и обслуживать систему должны только квалифицированные специалисты, а эксплуатация должна быть разрешена только обученному персоналу. Могут возникнуть проблемы с совместимостью, требующие модификации или замены старых навесных устройств, что может оказаться дорогостоящим. Кроме того, быстросъемная система может увеличить вес экскаватора, потенциально снижая его грузоподъемность и влияя на эффективность выполнения работ. Эти недостатки необходимо учитывать

при принятии решения об установке системы на конкретный экскаватор. Правильная установка, техническое обслуживание и обучение необходимы для безопасного и эффективного использования системы.

Важно признать ценный вклад как ученых-теоретиков, так и операторов-практиков в разработку и модернизацию быстросъемных механизмов, поскольку их опыт обеспечивает удобство и эффективность рабочих процессов в строительной отрасли.

На сегодняшний день существующие и изобретенные модели быстросъемных соединений имеют определенную сложность в конструкции. Такая сложность может увеличить требования к производству и техническому обслуживанию, что потенциально может привести к увеличению затрат. Быстросменная соединительная система может иметь ограничения в отношении совместимости с существующими орудиями или навесным оборудованием. Навесное оборудование, не разработанное специально для данной системы, может быть несовместимым или требовать дополнительных модификаций, что снижает универсальность системы. Наличие множества движущихся частей и взаимозависимых механизмов может увеличить количество потенциальных точек отказа или неисправностей, требующих регулярного технического обслуживания и проверок для обеспечения надлежащей функциональности.

Необходимо сосредоточиться на упрощении конструкции быстроразъемных соединений при сохранении их функциональности и эффективности. За счет снижения сложности можно свести к минимуму требования к производству и техническому обслуживанию, что приводит к потенциальной экономии средств. Кроме того, обеспечение совместимости с существующими инструментами и навесным оборудованием имеет решающее значение для максимальной универсальности системы быстроразъемных соединений. Этого можно достичь, спроектировав систему в соответствии с общепринятыми стандартами или предусмотрев переходные механизмы, обеспечивающие совместимость с различными инструментами и навесным оборудованием.

Список литературы

1. Patel, P. B., & Prajapati, J.M. Soil-Tool Interaction as a Review for Digging Operation of Mini Hydraulic Excavator // International Journal of Engineering Science and Technology - 2019. – Vol. 3(2) – P. 894-901.
2. Прохоров Е. В., Севрюгина Н.С. Летопись Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова - 2018 - №2 – С. - 192-195.
3. Севрюгина, Н. С. Выбор и обоснование параметров быстросъемного соединительного устройства рабочего оборудования одноковшового экскаватора / Н. С. Севрюгина, Е. В. Прохорова, Е. А. Волков. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2019 г. – 102 с.
4. «Как система автоматической замены навесного оборудования OilQuick совершила революцию в технике» ГРЕЙДЕР №2 [Электронный ресурс].-2019. – URL: <https://igrader.ru/rbt/kak-sistema-avtomaticheskoy-zameny-navesnogo-oborudovaniya-oilquick-sovershila-revoljuciju-v-tehnike/> (дата обращения 20.04.2023).
5. Дуганова Е.В., Загородний Н.А., Солодовников Д.Н., Корнеев А.С. «Studying quick coupler efficiency in working attachment system of single-bucket power shovel» («Изучение эффективности быстроразъемной муфты в системе рабочего навесного оборудования одноковшового экскаватора»)// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2018 - №327 - 042026.
6. Sevryugina, N. S. Justification for Remote Control of Construction and Road-Making Machines / N. S. Sevryugina, E. A. Volkov, E. P. Litovchenko // Modern Applied Science. – 2019. – Vol. 8. – No 5. – P. 179–185.
7. Sebastian SCHMID, Patent - 2020 US20200149243 - QUICK-CHANGE COUPLER DEVICE AND QUICK-CHANGE COUPLER SYSTEM COMPRISING SAID QUICK-CHANGE COUPLER DEVICE, OilQuick Deutschland GmbH, № 16682587, Application 13.11.2019; Published 14.05.2020.

8. Sevryugina, N. S. The solution of applied problems of optimization of stability of system "environment-man-technics" / N. S. Sevryugina, S. B. Melikhova, E. A. Volkov // Modern Applied Science. – 2019. – Vol. 9. – No 3. – P. 200–207.

9. SCHMID, SEBASTIAN, Patent – 2022, CA3058631 - QUICK-CHANGE COUPLER DEVICE AND QUICK-CHANGE COUPLER SYSTEM COMPRISING SAID QUICK-CHANGE COUPLER DEVICE, Canada, № 3058631, Application 14.05.2020; Published 21.06.2022.

10. KIM, GIL UNG, 김길웅, Patent - 2021 KR102300892 - QUICK COUPLER FOR EXCAVATOR WITH SAFETY DEVICES, Korean Republic, № 102300892, Application 08.10.2020; Published 10.09.2021.

11. Веб-сайт Kolesa.kz [Электронный ресурс].-2023. – URL: https://kolesa.kz/spectehnika/gruzovaja-tehnika/?_txt_=%D1%8D%D0%BA%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B+%D0%B3%D1%83%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B5 (дата обращения 29.05.2023)

12. Веб-сайт BULLDOZER.KZ [Электронный ресурс].-2023. – URL: https://bulldozer.kz/ekskovatory-v-arendu?gclid=Cj0KCQjwmtGjBhDhARIsAEqfDEcJLk_eOtRljvH7MWvR7KS69Mo4aRKIKiQfrvvCS_KV_diFnNrR6qoaApl0EALw_wcB (дата обращения 29.05.2023)

13. Веб-сайт Olx.kz [Электронный ресурс].-2023. – URL.: https://www.olx.kz/uslugi/astana/q-%D0%B0%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B0-%D1%8D%D0%BA%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0/?gclid=Cj0KCQjwmtGjBhDhARIsAEqfDEfplZU5uA4CclQhC0VoXJQFQq769sm-wW93On-DxPeyLUuclYIaXlkaAk1eEALw_wcB (дата обращения 29.05.2023).

Б.Б. Тогизбаева¹, К.Т. Шеров², А.С. Даньярова¹, Д.М. Мамбетов¹

¹Д. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

Гидравликалық экскаваторлар үшін қолданылатын жылдам босатылатын құрылғысының жаңартылған моделдеріне шолу

Аңдатпа. Қазіргі заманға сәйкес біршөмішті гидравликалық экскаватор көп мақсатта жұмыс істейтін жетекші көпфункционалды құрылыс машиналарының бірі болып табылады. Сонымен қатар, ауысымдық жұмыс жабдықтары мен жұмыс құрылғыларының кеңінен қолдануының арқасында кең танымал. Демек, ауыспалы жұмыс жабдықтары мен экскаваторлардың жұмыс органдарының кең спектрін пайдалану машиналардың өнімділігін арттырып қана қоймай, сонымен қатар жұмысты механикаландыру деңгейін де арттырады. Олардың жалдау құны мен қызмет көрсету құнын төмендетуге және жұмысты орындау процесін жеделдетуге мүмкіндік береді.

Бұл мақалада зерттеулерге, жарияланымдарға, патенттерге талдау және шолу жасалады. Сонымен қатар гидравликалық экскаваторларда жылдам бекіту жүйелерін зерттеу тақырыбының өзектілігін негіздеуге ықпал ететін ұсынылған шешімдердің сапасын бағалау ұсынылады.

Түйінді сөздер: экскаватор, Жылдам босату механизмі, жылдам-каплер, жұмыс жабдықтары.

B. Togizbayeva¹, K. Sherov², A. Danyarova¹, D. Mambetov¹
¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
²S.Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University, Astana, Kazakhstan

Overview of the developed systems of the hydraulic excavator quick release device

Abstract. Nowadays the hydraulic excavator is one of the leading multifunctional machines that are operated for multi-purpose goals and are also finding increasing use due to the widespread use of replaceable working bodies and working equipment. It is important to note that the use of a wide range of replaceable working equipment and working bodies of excavators not only increases the productivity of machines, but also the level of mechanization of work. The possibility of easy replacement of nozzles increases efficiency and minimizes the likelihood of damage or wear of equipment associated with manual replacement of nozzles. Besides, this will reduce the time for replacing the working body and speed up the work process.

This article analyzes and reviews research: publications, patents; also provides an assessment of the quality of the proposed solutions for quick fastening systems on hydraulic excavators.

Keywords: excavator, quick-release mechanism, quick-coupler, working equipment.

References

1. Patel, P. B., & Prajapati, J.M. Soil-Tool Interaction as a Review for Digging Operation of Mini Hydraulic Excavator // International Journal of Engineering Science and Technology - 2019. – Vol. 3(2) – P. 894-901.
2. Prokhorov E. V., Sevryugina N.S. Chronicle of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov - 2018 - No.2 – p. - 192-195
3. Sevryugina, N. S. Selection and justification of the parameters of a quick-release connecting device of the working equipment of a single-bucket excavator / N. S. Sevryugina, E. V. Prokhorova, E. A. Volkov. – Belgorod: Publishing House of BSTU, 2019 - 102s.
4. "How the OilQuick system of automatic replacement of attachments revolutionized technology" GRADER No. 2 [Electronic resource].-2019. – URL: <https://igrader.ru/rbt/kak-sistema-avtomaticheskoy-zameny-navesnogo-oborudovaniya-oilquick-sovershila-revoljuciju-v-tehnike> / (accessed 20.04.2023)
5. E.V. Duganova, N.A. Zagorodny, D.N. Solodovnikov, A.S. Korneev in the work "Studying quick coupler efficiency in working attachment system of single-bucket power shovel" (Studying the efficiency of a quick coupling in the system of working attachments of a single-bucket excavator)// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2018 - No.327 - 042026
6. Sevryugina, N. S. Justification for Remote Control of Construction and Road-Making Machines / N. S. Sevryugina, E. A. Volkov, E. P. Litovchenko // Modern Applied Science. – 2019. – Vol. 8. – No 5. – P. 179–185.
7. Sebastian SCHMID, Patent - 2020 US20200149243 - QUICK-CHANGE COUPLER DEVICE AND QUICK-CHANGE COUPLER SYSTEM COMPRISING SAID QUICK-CHANGE COUPLER DEVICE, OilQuick Deutschland GmbH, № 16682587, Application 13.11.2019; Published 14.05.2020.
8. Sevryugina, N. S. The solution of applied problems of optimization of stability of system "environment-man-technics" / N. S. Sevryugina, S. B. Melikhova, E. A. Volkov // Modern Applied Science. – 2019. – Vol. 9. – No 3. – P. 200–207.
9. SCHMID, SEBASTIAN, Patent – 2022, CA3058631 - QUICK-CHANGE COUPLER DEVICE AND QUICK-CHANGE COUPLER SYSTEM COMPRISING SAID QUICK-CHANGE COUPLER DEVICE, Canada, № 3058631, Application 14.05.2020; Published 21.06.2022.
10. KIM, GIL UNG, 김길웅, Patent - 2021 KR102300892 - QUICK COUPLER FOR EXCAVATOR WITH SAFETY DEVICES, Korean Republic, № 102300892, Application 08.10.2020; Published 10.09.2021.
11. Web-site Kolesa.kz [Electronic resource].-2023. – URL: https://kolesa.kz/spectehnika/gruzovaja-tehnika/?_txt_=%D1%8D%D0%BA%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%8

2%D0%BE%D1%80%D1%8B+%D0%B3%D1%83%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B5 (accessed 29.05.2023).

12. Web-site BULLDOZER.KZ [Electronic resource].-2023. – URL: https://bulldozer.kz/ekskavatory-v-arendu?gclid=Cj0KCQjwmtGjBhDhARIsAEqfDEcJLk_eOtRljvH7MWvR7KS69Mo4aRKIKiQfrvvCS_KV_diFnNrR6qoaApl0EALw_wcB (accessed 29.05.2023).

13. Web-site Olx.kz [Electronic resource].-2023. – URL: https://www.olx.kz/uslugi/astana/q-%D0%B0%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B0-%D1%8D%D0%BA%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0/?gclid=Cj0KCQjwmtGjBhDhARIsAEqfDEcJLk_eOtRljvH7MWvR7KS69Mo4aRKIKiQfrvvCS_KV_diFnNrR6qoaApl0EALw_wcB (accessed 29.05.2023).

Сведения об авторах:

Б.Б. Тогизбаева – техника ғылымдарының докторы, профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан.

К.Т. Шеров – техника ғылымдарының докторы, профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

А.С. Даньярова – докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан.

Д.М. Мамбетов – докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан.

Б.Б. Тогизбаева – доктор технических наук, профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Астана, Казахстан.

К.Т. Шеров – доктор технических наук, профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

А.С. Даньярова – докторант, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Астана, Казахстан.

Д.М. Мамбетов – докторант, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Астана, Казахстан.

В. Togizbayeva – Doctor of Technical Sciences, Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Kazhymukan str., Astana, Kazakhstan.

К. Sherov – Doctor of Technical Sciences, Professor, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

A. Danyarova – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Kazhymukan str., Astana, Kazakhstan.

D. Mambetov – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Kazhymukan str., Astana, Kazakhstan.

О.М. Жаркевич^{1*}, Т.Ю. Никонова¹, Л. Гиерц², А.С. Берг¹, А.А. Берг¹

¹Карагандинский технический университет имени
Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан

²Познанский технологический университет, Познань, Польша
E-mail: *zharkevich82@mail.ru

Анализ конструктивных и технологических особенностей шестеренчатых насосов

Аннотация. В статье приведены основные конструктивные и технологические особенности шестеренчатых насосов, описание контактов зубчатых колес при их взаимодействии и точности изготовления. Увеличение контактов в межзубном пространстве уменьшает пульсацию на 75%, уровень шума на 5 децибел. Применение косозубых передач повышает эффективность работы шестеренчатых насосов и уменьшает пульсацию. Шестеренчатый насос с внешним зацеплением и осевой компенсацией с высокой точностью исполнения и высококачественными материалами устойчив к усталостным нагрузкам. Шестеренчатые насосы с внутренним зацеплением имеют компактный корпус и создают меньше шума. На практике чаще всего используются шестеренчатые насосы с внешним зацеплением из-за их простой конструкции и низкой цены. Корпус шестеренчатого насоса подвержен износу из-за высокого давления. При работе насоса возникают неравномерные напряжения, что приводит к усталостным нагрузкам на вал в одном направлении. Дополнительная пульсация влечет за собой колебания конструкции. Собственные вибрации шестеренчатого насоса способствуют его выходу из строя, особенно если скорость вращения составляет 100 000 циклов. При работе шестеренчатого насоса возникает шум, который можно гасить шумоглушителями или демпферами, что увеличивает цену насоса. Межзубные промежутки шестеренчатого насоса при резких скачках давления подвержены кавитации, из-за которой повышается износ. Для устранения износа, пульсации, вибрации, шума предлагается новая конструкция шестеренчатого насоса с использованием различных типов масел и методики коррекции формы зубьев.

Ключевые слова: шестеренчатый насос, зазор, пульсация, износ, кавитация.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-204-214

1. Введение

Насос – это устройство, которое позволяет передавать механическую энергию жидкости и проявляется в увеличении энергии давления. Насосы имеют широкое применение в науке и технике, включая общественное водоснабжение, ирригацию, нефтяной сектор вверх/вниз по течению, автомобили, транспортное оборудование и дозировку химикатов. Шестеренчатый насос является основным выбором разработчиков топливных систем из-за длительного срока службы, низких затрат на техническое обслуживание и высокой производительности.

Обычные центробежные насосы должны быть заполнены в первую очередь в условиях эксплуатации, за исключением случаев, когда всасывание имеет положительный напор. На практике возникают ситуации, когда всасывание насоса имеет отрицательный напор.

Шестеренчатый насос является самовсасывающим и не ограничивается типом высоты всасывания. Шестеренчатые насосы характеризуются фиксированным объемом подачи на единицу оборота насоса.

Вследствие стремления постоянно повышать производительность, эффективность, минимизировать размеры, уменьшать собственную вибрацию, пульсацию, неблагоприятные нагрузки, кавитацию и износ компонентов шестеренчатого насоса требования к материалам, технологиям, посадкам и допускам на размеры постоянно растут. Это приводит к постоянному совершенствованию методов изготовления как самих насосов, так и материалов, используемых для их изготовления, а наиболее важными показателями являются минимально возможная частота отказов, широкий диапазон применимости в данной отрасли, устойчивость к изменяющимся условиям, минимально возможное шумообразование и пульсация.

Целью статьи является проведение анализа конструктивных и технологических особенностей шестеренчатых насосов для последующей разработки прототипа конструкции шестеренчатого насоса, обеспечивающего максимальную производительность и ресурс деталей, из которых состоит насос.

2. Методы

Для анализа конструктивных и технологических особенностей применялись критерии точности изготовления шестеренчатых насосов.

Для установления сходства в межзубных промежутках шестеренчатых насосов использовались теории подобия и размерности.

Объединение характеристик шестеренчатых насосов (зазоры, пульсации, шум, износ) осуществлялось посредством синтеза.

3. Результаты и обсуждение

Предпринимаемые в настоящее время методы улучшения существующего уровня техники включают изменение конструкции зубчатых колес за счет лучшей подгонки и увеличения точек контакта между зубьями. Это связано с повышением точности их выполнения, что приводит к экспоненциальным затратам. Более дешевым решением является разработка таких колес, в которых улучшено прилегание пар зубов, входящих в контрфорсы, т.е. уменьшено межзубное расстояние. Эта цель достигается за счет увеличения радиальных сил, действующих на валы шестерен. Расстояние между колесами не фиксировано, что позволяет использовать этот метод. Существенным недостатком такого подхода является увеличение односторонних пульсирующих усталостных нагрузок, известных как наиболее неблагоприятные с точки зрения конструкции машины. Это также приводит к увеличению трибологического износа, что сокращает срок службы изделия и, следовательно, приводит к увеличению затрат в долгосрочной перспективе. Идея, лежащая в основе этой концепции, иллюстрируется рисунком 1.

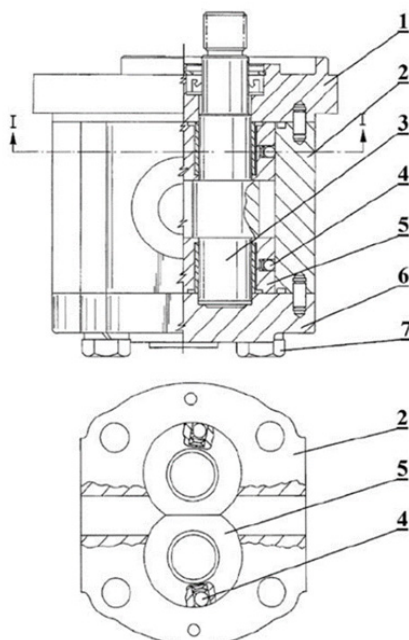


а) зазоры и пульсации в стандартном насосе б) зазоры и пульсации в насосе с меньшим зазором (большее согласование шестерен)

Рисунок 1. Контакты в шестернях в различных конструкциях шестеренчатых насосов

Дальнейшие научные исследования доказывают, что улучшение межзубного пространства снижает пульсацию на 75%, что также приводит к значительному снижению уровня шума на 5 децибел [1, 2, 3]. Дополнительное использование косозубых колес дополнительно снижает пульсацию и повышает эффективность работы.

Создаваемый шум гидравлического оборудования играет также важную роль при использовании его на производствах, поскольку оно является предметом труда человека, что приводит к еще большим ограничениям по шуму и вибрациям, продиктованным как свободным рынком, так и национальными и европейскими нормами. В качестве примера шестеренчатого насоса, удовлетворяющего таким нормам, можно отнести насос с нулевым боковым люфтом по патенту Casapp № US5624251.



1 - дисковый; 2 - корпус; 3 - шестерня активная; 4 - элементная компенсация механических радиальных зазоров; 5 - корпус подшипника скольжения; 6 - покрытие; 7 – болт

Рисунок 2. Шестеренчатый насос с нулевым боковым люфтом по патенту Casapp № US5624251 от 1997 г.

Механические решения, разработанные за 200 лет промышленной практики, позволили создать решения с двумя типами взаимосвязей между зубчатыми колесами [4].

Шестеренчатые насосы с внешним и внутренним зацеплением имеют разные характеристики и параметры, что создает для них разные рыночные ниши. В основном они используются в составе подъемников, систем управления подвеской транспортных средств, а также для общего транспорта масла и там, где требуется точное дозирование. Хотя принцип работы в настоящее время остается неизменным, можно заметить различные улучшения, повторяющиеся в различных предложениях, направленные на некоторое улучшение работы [4].

Решение, предложенное компанией BOSCH, является лидером на рынке шестеренчатых насосов по качеству исполнения и уровню шума [5, 6] (рисунок 3).

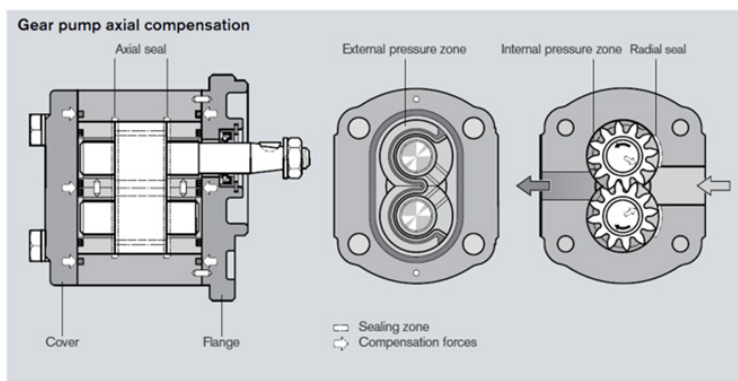
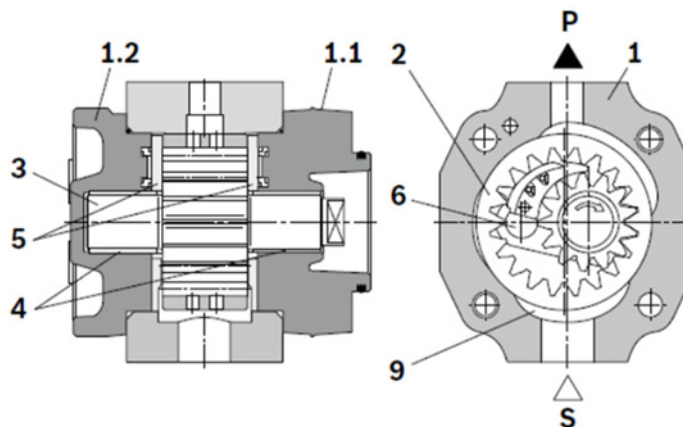


Рисунок 3. Шестеренчатый насос с внешним зацеплением и осевой компенсацией компании Bosh

Это связано с гораздо более высоким технологическим режимом, точностью исполнения и применением высококачественных материалов с малой истираемостью и устойчивостью к усталостным нагрузкам. Однако большим недостатком данного вида гидравлического оборудования служит более высокая рыночная стоимость.

Помимо шестеренных насосов с внешним зацеплением, существуют также насосы с внутренним зацеплением, так называемые героторные насосы [4] (рисунок 4).



1-корпус, 1.1- корпус подшипника, 1.2 - корпус, 2 - колесо с кольцом, 3 - вал, 4 - подшипник скольжения, 5 - осевой диск, 6 - штифт

Рисунок 4. Шестеренный насос BOSCH с внутренним зацеплением

Внутренние шестеренчатые насосы значительно дороже, но создают меньше шума и имеют компактный корпус [7].

В настоящее время в промышленности чаще всего используются насосы с внешним зацеплением, что обусловлено их простой конструкцией и низкой ценой.

Шестеренчатые насосы представляют собой проверенную конструкцию с рядом неоспоримых преимуществ, определяющих их полезность в промышленности. Тем не менее, они не лишены многих недостатков. Есть ряд конструктивных и эксплуатационных проблем, с которыми приходится сталкиваться в современной технике при применении шестеренчатых насосов.

Представленные случаи относятся к отказам насосов, неблагоприятным явлениям, представляющим их непосредственные причины отказа.

Одним из ключевых явлений отказов шестеренчатых насосов является усталостный износ зубчатых колес [3, 8, 9, 10] (рисунок 5).



Рисунок 5. Износ шестерни насоса

В литературе [11] известны случаи, что производительность насоса была повышена за счет увеличения мощности, лучшего выбора геометрии кривизны зубьев. Однако было доказано, что в таких случаях происходит увеличение давления, расхода жидкости и скорости вращения валов, что ускоряет такие явления износа, как точечная коррозия. В дальнейшем это явление приведет к снижению производительности, а затем к отказу насоса.

В случае шестеренных насосов корпус насоса также подвержен износу [12]. Это связано с высоким давлением, и в ряде случаев перекачиванием проникающих жидкостей, т.е. ньютоновских жидкостей. Характер этих явлений лавинный, что создает дополнительную угрозу другим компонентам, а в крайних случаях и угрозу здоровью и жизни людей, находящихся в непосредственной близости от гидрооборудования. Это означает, что ключевым моментом является проектирование конструкций насосов таким образом, чтобы избежать концентрации давления на шестернях без значительного увеличения их размеров.

Последние научные исследования с использованием метода конечных элементов показывают, какие напряжения возникают при работе шестеренчатого насоса [12]. Авторами публикации показано, что распределение давления в шестеренчатом насосе не равномерно, и тем самым валы насоса испытывают усталостную нагрузку только в одном направлении (рисунок 6). Дополнительная пульсация приводит к дальнейшим колебаниям конструкции, в том числе и вала, что только аккумулирует неблагоприятные явления.

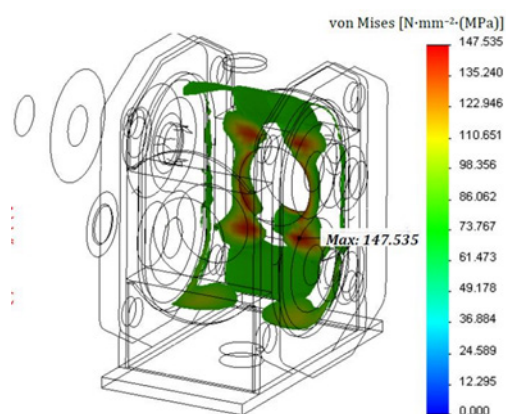


Рисунок 6. Напряжения в корпусе насоса

Установлено, что еще одним аспектом проблемных характеристик в работе насосов являются возникающие пульсации [1, 13]. Как уже было сказано, эти конструкции отличаются малой пульсацией, но тем не менее, все еще предпринимаются усилия, чтобы свести к минимуму это явление. Единственным известным на сегодняшний день методом является также вышеупомянутая коррекция межзубного промежутка.

Необходимо выделить также неблагоприятные вибрационные явления, возникающие при практическом применении гидрооборудования [2, 14]. Следствием собственных вибраций шестеренчатого насоса являются также вибрации самих гидравлических линий, которые, подвергаясь их особому воздействию, подвержены ускоренному выходу из строя, увеличивая эксплуатационные расходы. Особенно остро эта проблема стоит в случае с насосами, где скорость вращения относительно высока (сотни тысяч циклов). В этом случае необходимо в конструкции насосов использовать комплектующие большего размера с низким коэффициентом полезного действия. Это требует от разработчиков насосов дополнительных капиталовложений, что приводит к дальнейшему росту их рыночных цен и влияет на более медленное развитие других отраслей, т. е. тех, в которых используются шестеренные насосы.

Шум – явление, широко признанное вредным производственным фактором. На проблему шума в виде инфразвука обратили внимание относительно недавно. Только стандарты PN-ISO 7196:2002 и PN-ISO 9612:2004 установили допустимые значения инфразвукового шума в 2002 году министром труда и социальной политики на основании предварительных исследований [15]. Данные стандарты определяют максимальный уровень шума, которому может подвергаться оператор работающих машин. Предложенные на сегодняшний день шумоглушители в виде механических вибростабилизаторов создают дополнительный вес, что является их недостатком. Конструкции известных сегодня шестеренчатых насосов позволяют снизить вибрации, но не во всех диапазонах его работы [3, 16, 17]. Кроме того, использование демпферов удорожает конечный продукт.

Кавитация – явление, сопровождающее конструкцию и эксплуатацию насосов с момента их появления в промышленности. Это явление менее выражено в шестеренчатых насосах [3, 18, 19, 20]. Однако в насосе есть такие конструктивные места, где возникают резкие скачки давления, следовательно, они являются непосредственной причиной повышенного износа этого насоса. Этим местом в основном являются межзубные промежутки.

Описанные выше проблемы трибологического износа, неравномерности импульсных нагрузок, пульсации и кавитации сопровождают все конструкции известных на рынке шестеренчатых насосов. Они ограничены точностью изготовления. Несмотря на это, на рынке наблюдается недостаток новых, инновационных конструктивных и технологических решений шестеренчатых насосов, усовершенствованных с экономической точки зрения.

Шестеренчатый насос имеет множество преимуществ, однако недостатки в большей степени препятствуют их использованию. Также смена перекачиваемой среды оказывает влияние на ухудшение ее характеристик, что подтверждается многочисленными научными исследованиями. Неподходящее масло, попадание воды, изменение плотности пищевой жидкости – все это влияет на ускоренный износ.

Конструкции шестеренчатых насосов имеют много преимуществ. Благодаря точным технологиям изготовления возможна высокая унификация производства комплектующих деталей, что является очень хорошей базой для внедрения передовых инноваций. Для шестеренчатых насосов характерно малое количество подвижных (трещащих) частей по сравнению с другими конструкциями, наименьшая пульсация и шумность. Их легко обслуживать, они могут двигаться в обоих направлениях с возможностью точной перекачки вязких жидкостей.

Таким образом, создание концепции инновационного шестеренчатого насоса для гидравлических систем управления производственными машинами с использованием различных типов масел, а также компактного конструктивного решения для гашения механических колебаний, снижения силовых нагрузок и уровня шума является актуальной задачей для различных областей промышленности. Решением выше указанных проблем может явиться создание прототипа шестеренчатого насоса, в основе которого лежит концепция И. Кеплера. Критериями для проектирования усовершенствованной конструкции будут являться объем между зубьями, тангенциальные нагрузки, проскальзывания и контактные поверхности зубьев. Также будут использоваться методики коррекции формы зубьев, которые направлены на дополнительное увеличение объема между зубьями, что приводит к повышению эффективности насоса.

4. Выводы

Анализ существующих поршневых насосов выявил ряд недостатков, таких, как: высокий уровень шума, пульсации, высокие силовые нагрузки, износ деталей насоса.

На основе анализа установлено, что необходима разработка шестеренчатого насоса с универсальной конструкцией для обеспечения эффективной защиты всех деталей гидросистемы от износа как от самого масла, так и от переменных нагрузок. Это уменьшит частоту ремонта и замены комплектующих.

Новая конструкция шестеренчатого насоса позволит заменить существующие поршневые насосы, используемые в силовой гидравлике. Еще одна перспектива - значительное снижение износа шестерен и других компонентов, что уменьшит эксплуатационные расходы и нагрузку на окружающую среду.

Разработка новой конструкции шестеренчатого насоса позволит уменьшить пульсации, кавитации, повысить давления в насосе и уменьшить утечки с течением времени. Данные показатели будут позитивно влиять на увеличение КПД насоса и срока службы.

Подтверждения

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант молодых ученых ИРН № AP19579208 «Создание универсального прототипа шестеренчатого насоса для гидравлических систем способного к перекачке вязких жидкостей различной природы»).

Список литературы

1. Svishchev A.V., Aistov I.P. The Theoretical and Experimental Studies Comparison of the Pressure Pulsation in the Discharge Chamber of the Gear Pump //Procedia Engineering. - 2015. - Volume 113. - P. 186–191 <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.316>
2. Zuti Z., Shuping C., Huawei W, Xiaohui L., Jia D., Yuquana Z.. The approach on reducing the pressure pulsation and vibration of seawater piston pump through integrating a group of accumulators //Ocean Engineering. – 2019. - Volume 173. – P. 319–330 <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.12.078>
3. Battarra M., Mucchi E. Incipient cavitation detection in external gear pumps by means of vibro-acoustic measurements //Measurement, - 2018. - Volume 129. – P. 123–130 <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.07.013>
4. Rituraj R., Vacca A. Investigation of flow through curved constrictions for leakage flow modelling in hydraulic gear pumps //Mechanical Systems and Signal Processing. - 2021. - Volume 153. – P. 45–53 <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.107503>
5. [https://hydroserwis.net.pl/produkt/pompa-zebata-pgh4-30-032rr11vu2-r901147112/-](https://hydroserwis.net.pl/produkt/pompa-zebata-pgh4-30-032rr11vu2-r901147112/) (дата обращения: 10.11.2022)
6. <https://www.boschrexroth.com/en/pl/> (дата обращения: 11.11.2022)
7. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:mUL4WiRr-2IJ:https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-573b78d4-607d-47fa-9c3e-7fe61d809cfb/c/Towarnicki.pdf&cd=11&hl=pl&ct=clnk&gl=pl> (дата обращения: 11.11.2022)
8. Krishnasamy K., Subbulekshmi D., Deera T., Gnanasekaran B.M., Maridurati T., Sriram M., Kumar, S.S., Markos, M. Fatigue Failure Analysis of a Gear in Automobile Engine Coolant Pump //Advances in Materials Science and Engineering. – 2022. - 3982415. – P. 1–8 <https://doi.org/10.1155/2022/3982415>
9. Xiaofeng Q., Jie L., Xingguo Z., Li F., Ruiqiang P. Fracture failure analysis of transmission gear shaft in a bidirectional gear pump //Engineering Failure Analysis. – 2020. – 118. – P. 104886. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104886>
10. Zhao X., Vacca A.. Analysis of continuous-contact helical gear pumps through numerical modeling and experimental validation //Mechanical Systems and Signal Processing. – 2018. - Volume 109. – P. 352–378 <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2018.02.043>
11. Kim B., Siddique M.H., Samad, A., Hu G., Lee D.E. Optimization of Centrifugal Pump Impeller for Pumping Viscous Fluids Using Direct Design Optimization Technique //Machines. – 2022. - 10, 774. – P. 1–24 <https://doi.org/10.3390/machines10090774>
12. Bienczak A., Marcinkiewicz J., Szcepianiak J. FEM Strength Research of the Gear Wheel Pump Construction Designed for Transport of the Non - Newtonian Fluid. Food processing Engineering. - 2012. 4(4). - P.13-17 <https://docplayer.pl/794363-Badania-wytrzymalosciowe-mes-konstrukcji-pompy-zebatej-do-transportu-cieczy-nienuetonowskich.html>
13. Sanchugov V., Rekadze P. New Method to Determine the Dynamic Fluid Flow Rate at the Gear Pump Outlet //Energies. – 2022. – 15. – P. 3451. <https://doi.org/10.3390/en15093451>
14. Noah D. Manring, Suresh B. Kasaragadda. The Theoretical Flow Ripple of an External Gear Pump. //Dynamic Systems, measurement and control. - 2003. - 125(3). – P. 396–404 <https://doi.org/10.1115/1.1592193>
15. Liu D., Ba Y., Ren T. Flow fluctuation abatement of high-order elliptical gear pump by external noncircular gear drive //Mechanism and Machine Theory. – 2019. - Volume 134. – P. 338–348 <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2019.01.011>
16. Dhote N., Khond M, Sankpal R.. Wear material determination and parameters optimization of an external gear pump by Taguchi technique // Materials Today: Proceedings. – 2022. - Volume 63. - Part 3. – P. 35–42 <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.374>
17. Woo S., Vacca A. An Investigation of the Vibration Modes of an External Gear Pump through Experiments and Numerical Modeling //Energies. – 2022. – 15. 796. – P. 1 – 22 <https://doi.org/10.3390/en15030796>
18. Zhao X., Vacca A. Multi-domain simulation and dynamic analysis of the 3D loading and micromotion of continuous-contact helical gear pumps //Mechanical Systems and Signal Processing/ - 2022. - Volume 163. – P. 1–33 <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2021.108116>

19. Borghi M., Paltrinieri F., Milani M., Zardin B. The influence of cavitation and aeration on gear pumps and motors meshing volumes pressures. New York: American Society of Mechanical Engineers (ASME): , 2006. - P. 47– 56
20. Lin J.N., Tseng Y.T., Chang Y. Z., Chou Y.A., Tsai G.L., Lan T.S. Cavitation of Flow Field in Gear Pump //Sensors and Materials. – 2022. - 34(6). - P. 2293–2309 https://sensors.myu-group.co.jp/sm_pdf/SM2973.pdf

О.М. Жаркевич¹, Т.Ю. Никонова¹, Л. Гиерц², А.С. Берг¹, А.А. Берг¹

¹Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

²Познань технологиялық университеті, Познань, Польша

Тістегершікті сорғылардың конструктивті және технологиялық ерекшеліктерін талдау

Андапта: Мақалада тістегершікті сорғылардың негізгі конструктивті және технологиялық ерекшеліктері келтірілген беріліс контактілерінің сипаттамасы олардың өзара әрекеттесуінде және өндіріс дәлдігінде. Тісаралық кеңістіктегі байланыстардың артуы пульсацияны 75% - ға, шу деңгейін 5 децибелге төмендетеді. Қисықтісті берілістерді қолдану тістегершікті сорғыларының тиімділігін арттырады және пульсацияны азайтады. Сыртқы ілінісуі бар және осьтік компенсациясы бар тістегершікті сорғысы жоғары дәлдікпен және жоғары сапалы материалдармен шаршау жүктемелеріне төзімді. Ішкі ілінісуі бар тістегершікті сорғылары ықшам корпусқа ие және аз шу шығарады. Іс жүзінде көбінесе сыртқы ілінісуі бар тістегершікті сорғылары конструкциясының қарапайымдылығы мен төмен бағасына байланысты қолданылады. Тістегершікті сорғының корпусы жоғары қысымға байланысты тозуға бейім. Сорғы жұмыс істеп тұрған кезде біркелкі емес кернеулер пайда болады, бұл білікке бір бағытта шаршау жүктемесіне әкеледі. Қосымша пульсация құрылымның тербелісіне әкеледі. Тістегершікті сорғысының өзіндік тербелісі оның істен шығуына ықпал етеді, әсіресе айналу жылдамдығы 100000 цикл болса. Тістегершікті сорғы жұмыс істегенде шу пайда болады, оны дыбыс өшіргіштермен немесе демпферлермен сөндіруге болады, бұл сорғының бағасын арттырады. Тістегершікті сорғының тістер аралықтары қысымның күрт жоғарылауы кезінде кавитацияға ұшырайды, бұл тозуды арттырады. Тозуды, пульсацияны, дірілді, шуды жою үшін майлардың әртүрлі түрлерін және тіс пішінін түзету әдістерін қолдана отырып, тістегершікті сорғының жаңа конструкциясы ұсынылады.

Түйін сөздер: тістегершікті сорғысы, саңылау, пульсация, тозу, кавитация.

O. Zharkevich¹, T. Nikonova¹, L. Gierz², A.S. Berg¹, A.A. Berg¹

¹*Abylqas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan*

²*Poznań University of Technology, Poznań, Poland*

Analysis of design and technological features of gear pumps

Abstract: The article presents the main design and technological features of gear pumps with a description of the contacts of the gear wheels during their interaction and manufacturing accuracy. The increase in contacts in the interdental space reduces the pulsation by 75%, the noise level by 5 decibels. The use of helical gears increases the efficiency of gear pumps and reduces pulsation. External gear pump with axial compensation with high precision and high quality materials resistant to fatigue. Internal gear pumps have a compact body and are less noisy. In practice, external gear pumps are most commonly used due to their simple design and low cost. The gear pump housing is subject to wear due to high pressure. During operation of the pump, uneven stresses occur, which leads to fatigue loads on the shaft in one direction. Additional pulsation entails oscillations of the structure. The gear pump's own vibrations contribute to its failure, especially if the rotation speed is 100,000 cycles. During the operation of a gear pump, noise occurs that can be dampened with

silencers or dampers, which increases the price of the pump. The interdental spaces of a gear pump are prone to cavitation during sudden pressure surges, which increases wear. To eliminate wear, pulsation, vibration, noise, a new design of the gear pump is proposed using various types of oils and methods for correcting the shape of the teeth.

Keywords: gear pump, clearance, pulsation, wear, cavitation

References

1. Svishchev A.V., Aistov I.P. The Theoretical and Experimental Studies Comparison of the Pressure Pulsation in the Discharge Chamber of the Gear Pump //Procedia Engineering. - 2015. - Volume 113. - P. 186–191 <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.316>
2. Zuti Z., Shuping C., Huawei W, Xiaohui L., Jia D., Yuquana Z.. The approach on reducing the pressure pulsation and vibration of seawater piston pump through integrating a group of accumulators //Ocean Engineering. – 2019. - Volume 173. – P. 319–330 <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.12.078>
3. Battarra M., Mucchi E. Incipient cavitation detection in external gear pumps by means of vibro-acoustic measurements //Measurement, - 2018. - Volume 129. – P. 123–130 <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.07.013>
4. Rituraj R., Vacca A. Investigation of flow through curved constrictions for leakage flow modelling in hydraulic gear pumps //Mechanical Systems and Signal Processing. - 2021. - Volume 153. – P. 45–53 <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2020.107503>
5. <https://hydroserwis.net.pl/produkt/pompa-zebata-pgh4-30-032rr11vu2-r901147112/> (accessed: 10.11.2022)
6. <https://www.boschrexroth.com/en/pl/> (accessed: 11.11.2022)
7. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:mUL4WiRr-2IJ:https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-573b78d4-607d-47fa-9c3e-7fe61d809cfb/c/Towarnicki.pdf&cd=11&hl=pl&ct=clnk&gl=pl> (accessed: 11.11.2022)
8. Krishnasamy K., Subbulekshmi D., Deepa T., Gnanasekaran B.M., Maridurati T., Sriram M., Kumar, S.S., Markos, M. Fatigue Failure Analysis of a Gear in Automobile Engine Coolant Pump //Advances in Materials Science and Engineering. – 2022. – 3982415. – P. 1–8 <https://doi.org/10.1155/2022/3982415>
9. Xiaofeng Q., Jie L., Xingguo Z., Li F., Ruiqiang P. Fracture failure analysis of transmission gear shaft in a bidirectional gear pump //Engineering Failure Analysis. – 2020. – 118. – P. 104886. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104886>
10. Zhao X., Vacca A.. Analysis of continuous-contact helical gear pumps through numerical modeling and experimental validation //Mechanical Systems and Signal Processing. – 2018. - Volume 109. – P. 352–378 <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2018.02.043>
11. Kim B., Siddique M.H., Samad, A., Hu G., Lee D.E. Optimization of Centrifugal Pump Impeller for Pumping Viscous Fluids Using Direct Design Optimization Technique //Machines. – 2022. – 10, 774. – P. 1–24 <https://doi.org/10.3390/machines10090774>
12. Bienczak A., Marcinkiewicz J., Szcapaniak J. FEM Strength Research of the Gear Wheel Pump Construction Designed for Transport of the Non - Newtonian Fluid. Food processing Engineering. - 2012. 4(4). - P.13-17 <https://docplayer.pl/794363-Badania-wytrzymalosciowe-mes-konstrukcji-pompy-zebatej-do-transportu-cieczy-nienewtonowskich.html>
13. Sanchugov V., Rekadze P. New Method to Determine the Dynamic Fluid Flow Rate at the Gear Pump Outlet //Energies. – 2022. – 15. – P. 3451. <https://doi.org/10.3390/en15093451>
14. Noah D. Manring, Suresh B. Kasaragadda. The Theoretical Flow Ripple of an External Gear Pump. //Dynamic Systems, measurement and control. - 2003. - 125(3). – P. 396–404 <https://doi.org/10.1115/1.1592193>
15. Liu D., Ba Y., Ren T. Flow fluctuation abatement of high-order elliptical gear pump by external noncircular gear drive //Mechanism and Machine Theory. – 2019. - Volume 134. – P. 338–348 <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2019.01.011>
16. Dhote N., Khond M, Sankpal R.. Wear material determination and parameters optimization of an external gear pump by Taguchi technique // Materials Today: Proceedings. – 2022. - Volume 63. - Part 3. – P. 35 – 42 <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.374>

17. Woo S., Vacca A. An Investigation of the Vibration Modes of an External Gear Pump through Experiments and Numerical Modeling //Energies. – 2022. – 15. 796. – P. 1–22 <https://doi.org/10.3390/en15030796>
18. Zhao X., Vacca A. Multi-domain simulation and dynamic analysis of the 3D loading and micromotion of continuous-contact helical gear pumps //Mechanical Systems and Signal Processing/ – 2022. – Volume 163. – P.1–33 <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2021.108116>
19. Borghi M., Paltrinieri F., Milani M., Zardin B. The influence of cavitation and aeration on gear pumps and motors meshing volumes pressures. New York: American Society of Mechanical Engineers (ASME): , 2006. – P. 47–56
20. Lin J.N., Tseng Y.T., Chang Y. Z., Chou Y.A., Tsai G.L., Lan T.S. Cavitation of Flow Field in Gear Pump //Sensors and Materials. – 2022. - 34(6). - P. 2293–2309 https://sensors.myu-group.co.jp/sm_pdf/SM2973.pdf

Сведения об авторах:

О.М. Жаркевич – к.т.н., профессор, Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

Т.Ю. Никонова – к.т.н., и.о. доцента, Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

Л. Гуерц – PhD, ассоциированный профессор, Познанский технологический университет, ул. Пиотрово, 3, Познань, Польша.

А.С. Берг – ассистент, Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

А.А. Берг – инженер, Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

О.М. Жаркевич – т.ғ.к., профессор, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даңғ., 56, Қарағанды, Қазақстан.

Т.Ю. Никонова – т.ғ.к., доценті м.а., Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан.

Л. Гуерц – PhD, қауымдастырылған профессор, Пиотрово көш., 3, Познань, Польша.

А.С. Берг – ассистент, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан.

А.А. Берг – инженер, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан.

О. Zharkevich – Candidate of Technical Sciences, Professor, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev ave., Karaganda, Kazakhstan.

T. Nikonova – PhD, Acting Associate Professor, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev ave., Karaganda, Kazakhstan.

L. Gierz – PhD, Associate Professor, Poznań University of Technology, 3 Piotrowo str., Poznań, Poland.

A.S. Berg – assistant, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev ave., Karaganda, Kazakhstan.

A.A. Berg – engineer, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev ave., Karaganda, Kazakhstan.

Study of the deformation characteristics of soils with a change in humidity

Abstract. *This paper discusses the anisotropic properties of soils and the issue of the influence of soil wetness on the stress-strain state of an anisotropic foundation. The study of material properties and the nature of these properties is directly related to the origin and structure of the object under study. The most important of them from the point of view of calculations of foundations, design of buildings, and structures are deformation, strength, and filtration anisotropy, which introduce changes to a greater or lesser extent in the stress-strain state of soil massifs. The entire set of physical and mathematical properties of soils is determined by their structure and texture, which, in turn, are formed depending on the composition and genesis of soil deposits, as well as under the influence of external factors leading to the transformation of the stress state of the soil mass. Practically in all experiments in which the deformation, filtration, strength, and other properties of soils were studied in various directions, a difference in their indicators was noted. Such results testify to the anisotropic manifestation of these properties. An elastic (linearly deformable) soil model is considered a design model of soils that make up an anisotropic base.*

Keywords: *soil, deformation, anisotropic, properties, model.*

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-215-224

1. Introduction

The anisotropic properties of ground sediments and rocks have been studied by many researchers. The peculiarity of the object predetermined the study of anisotropy of a number of properties of rocks and soils, in particular, such properties as deformability, strength, swelling, permeability, and thermal conductivity [1]. The most important of them in terms of calculations of foundations, design of buildings, and structures are deformation, strength, and filtration anisotropy, which make more or fewer changes in the stress-strain state of soil masses: foundations, embankments, etc [2-3]. Soils as products of rock and rock destruction are dispersed media. The entire set of physical and mathematical properties of soils is determined by their structure and texture, which, in turn, are formed depending on the composition and genesis of soil deposits, as well as under the influence of external factors that lead to the transformation of the stress state of the soil massif.

In many studies [4-5] in which deformation, filtration, strength, and other properties of soils in different directions were investigated, differences in their indicators were noted. Such results indicate an anisotropic manifestation of these properties. It is impossible to develop precise methods of calculating soil based on the action of the external load because of the influence of various factors [6-8]. Therefore, in practice, they replace real foundations with simplified ones, i.e., models. The existing models of foundations are shown in Fig. 1.

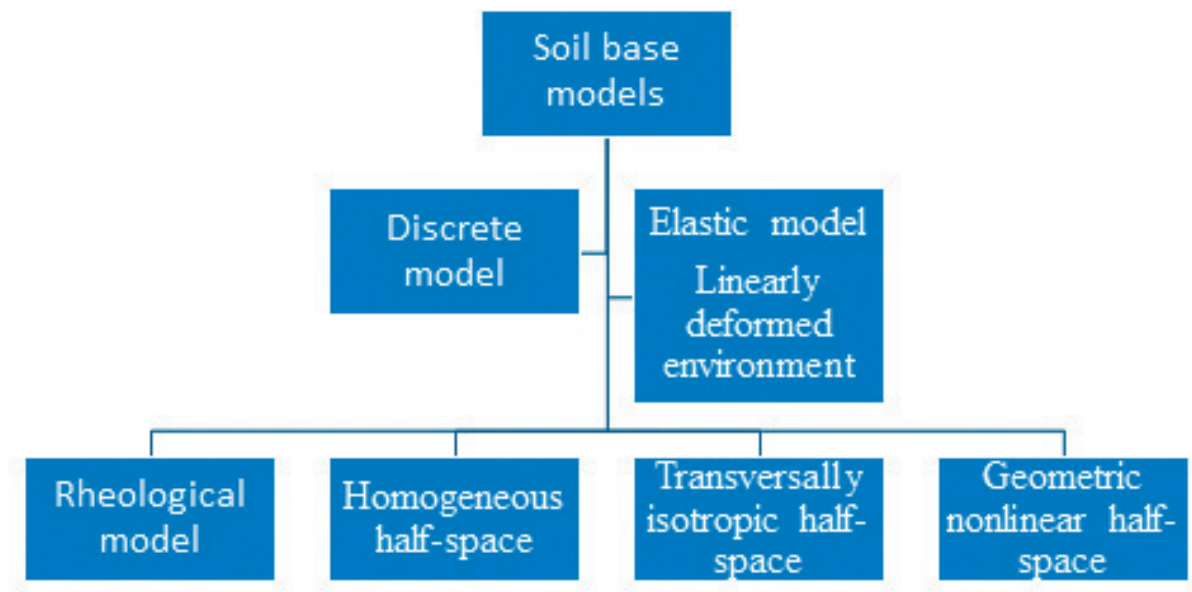


Figure 1. Models of soil bases

The main computational models of soils are the theory of linear deformation for calculations of finite stresses and stabilized settlements; the theory of filtration consolidation for calculations of settlement development in time; the theory of limiting stress state of soil - for calculations of bearing capacity, strength, stability and soil pressure on enclosures [6].

In addition to theoretical methods, experimental studies are of great importance for improving the calculated strain anisotropy of soils.

The choice of the optimal type of foundation depends on the data on soils and their properties.

Clay soils are the most unfavorable for laying foundations: they can shrink when drying, be eroded by floods, and swell when freezing [7]. These properties are due to the fact that clay soils consist of tiny particles, having mainly flake shape, and a large number of thin capillaries. Through them, water fills all the pores of the clay and envelopes the soil particles. The created mutual attraction provides viscosity to the clay soil. The strength of the ground itself has a strong dependence on the state it is in (moisture saturation, temperature).

It is not only the study of the degree of transferable stress from the mass of the building or structure that is significant in testing. Significant conditions for calculation are the forces acting on the building itself. Additional forces such: as atmospheric pressure; additional mass from precipitation; wind.

At the level of laboratory tests the maximum and safe level of horizontal and vertical loads is established. This determines the bearing capacity of the soils and the level of hazard that should be provided for in case of emergency consequences. During the conclusion of such tests, the main indicator is the resistance to shear deformation, which leads to changes in the integrity and fracture. Thus, when designing foundations for structures, an important step is the selection of a design model for soils [9-10].

The strain modulus is determined by testing soils using compression tests, three-axial tests, and field tests with stamps. In most cases of geotechnical surveys, strain modulus is determined using compression tests of sandy and silty clay soils under laboratory conditions [3].

In most cases, when conducting engineering and geological surveys, the deformation modulus is determined using compression tests of sandy and dusty-clayey soils in the laboratory [8].

A brief analysis of the issue under investigation shows that several aspects need to be deepened. The nature of anisotropy is poorly investigated experimentally.

Thus, clayey soils of normal layering without apparent layering (most experimentalists tend to argue that the soil in the direction of the gravitational forces will be less than in the horizontal compressibility of such there is the opposite though direction, the statements); completely unexplored anisotropy of sandy soils.

2. Methods and materials

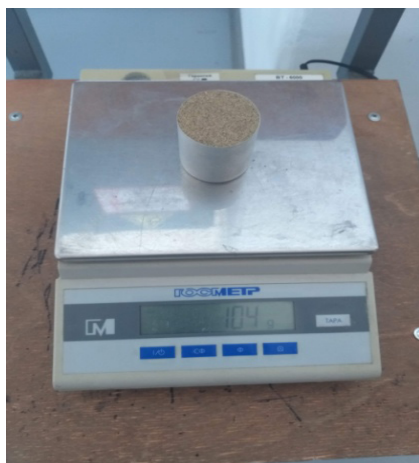
The laboratory study was carried out on the odometer device. In the following sequence:

1. Soil preparation (Fig. 2);
2. Determine the mass of the soil (Fig. 3);

Fine sand has a particle size of (0.25 ± 0.1) mm. In the studied sample of soil particles size ≥ 0.01 mm, was 76%, such soil is called "fine sand".



Figure 2. Tested soil samples



a) sand



b) sandy loam

Figure 3. Weighing samples

Place the examined soil samples in the odometer (sample area $A = 24.6 \text{ cm}^2$; sample height $h_0 = 20 \text{ mm}$). Leverage ratio $h = 1:5$ (Fig.4).



Figure 4. Test of soil

Compression tests were performed for sand and sandy loam.

We determine the characteristics of soils.

Soil density of natural moisture:

$$\rho = \frac{m_1}{V} \quad (2)$$

where, m – soil mass, g;

V – cutting ring volume equal to 50 cm³.

Natural humidity:

$$w = \frac{m - m_d}{m_d} \quad (3)$$

where, m_d – the mass of dry soil, g.

Dry ground density:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w} \quad (4)$$

Initial soil porosity coefficient:

$$l_0 = \frac{\rho_s(1 + w)}{\rho} - 1 \quad (5)$$

where, ρ_s – density of solid particles.

Using the dependence $E=f(p)$, determined the deformation modulus of natural moisture sand in the pressure interval 0÷1.3 kg. We determine the change in the porosity coefficient of the sample. The calculation of the coefficient of porosity e of the soil of natural moisture is performed in tabular form.

Vertical stress in soil:

$$\sigma = \frac{P \cdot g}{A \cdot n} \quad (6)$$

where, P – a mass of the load, kg;

$g = 9.81 \text{ m/c}^2$;

A – cross-sectional area (24.6 cm²);
 n – leverage ratio (lever arm ratio $n = 1/5$).

Soil deformation modulus:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta e} (1 + I_0)^\beta \quad (7)$$

where,

$$\beta = \frac{2\nu^2}{1 - \nu} \quad (8)$$

Compression tests for sand

Wetness not included

The cutting ring method, the volume of which is $V = 50$ cm³, takes a sample of sand of natural moisture. The diameter of the ring is 5.6 cm; the cross-sectional area $A = 24.6$ cm². The mass of sand $m_1 = 85$ g. The density of sand of natural moisture: $\rho = 1.7$ g/cm³;

The mass of dry soil was determined after drying the soil sample at $t = 105^\circ\text{C}$. The value of the mass of dry soil is obtained $m_d = 78.7$ g.

The indicators were determined using the following formulas:

Natural humidity: $w = 0.08$

Density of dry soil: $\rho_d = 1.57$ g/cm³

Initial coefficient of sand porosity: $I_0 = 0.69$

Using the dependence $E=f(p)$, determined the deformation modulus of natural moisture sand in the pressure interval 0–1.3 kg.

Water-saturated sand test.

The sand has been moistened with water until saturation. Saturation is characterized by the appearance of water on the surface.

The mass of the sand sample in the cutting ring is calculated $m_2 = 95.23$ g, density $\rho_2 = 1.9$ g/cm³

Natural humidity: $w_2 = 0.21$

Density of dry soil: $\rho_{d2} = 1.57$ g/cm³

The degree of water saturation of the sample is:

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W_2}{e \cdot \rho_w} = 0.804 \geq 0.8$$

where, $V = 50$ cm³ – cutting ring volume;

$m_{s1} = 93$ g – mass of loam in the cutting ring;

After drying the sample at 105°C , the mass of dry soil $m_{d(s1)} = 84$ g was obtained.

Natural humidity: $w_{s1} = 0.107$

Dry ground density: $\rho_{ds1} = 1.68$ g/cm³

Density of sandy loam solids: $\rho_{ss1} = 2.75$ g/cm³

Initial porosity factor: $I_0 = 0.64$

Deformation modulus of sandy loam saturated with water.

To test the loam with regard to its wettability we moisten the loam sample. The mass of the sandy loam sample was $m_{s2} = 99.96$ g.

Density of a sandy loam sample: $\rho_{s2} = 1.99$ g/cm³

After drying the sample at 105°C , a mass of dry soil was obtained $m_{ds2} = 84$ g.

The moisture content of sandy loam: $w = 0.19$

Density of dry soil: $\rho_{ds2} = 1.99 \text{ g/cm}^3$
 The degree of water saturation of the sample is: $S_r = 0.808 \geq 0.8$ (saturated with water).
 Density of sandy loam solids $\rho_{ss2} = 2.75 \text{ g/cm}^3$
 Initial porosity coefficient $l_0 = 0.646$.

3. Results and Discussion

3.1 Results of compression tests for sand

Determination of the deformation modulus of sand without taking into account wettability

Table 1 shows the calculation of the coefficient of porosity of sand with natural moisture.

Table 1. Calculation of the coefficient of porosity of sand with natural moisture

Load P (kg)	Vertical tension σ , (kg/cm ²); (MPa)	Conditionally stabilized sediment, mm S_i	Relative compressive strain: ϵ_i	Porosity coefficient e_i
0.1	0.02 (0.00199)	0.01	0.0005	0.6898
0.3	0.06 (0.00598)	0.015	0.00075	0.6896
0.8	0.159 (0.0159)	0.03	0.0015	0.6895
1.3	0.26 (0.026)	0.06	0.003	0.689

Deformation modulus of sand: $E = 30.14 \text{ MPa}$.

Determination of the modulus of deformation of sand saturated with water

Table 2 shows the change in the porosity coefficient when loading the test soil sample with a load varying from 0 to 1.3 kg.

Table 2. Changing of the porosity coefficient

Load P (kg)	Vertical tension σ , (kg/cm ²); (MPa)	Conditionally stabilized settlement, mm S_i	Relative compressive strain: ϵ_i	Porosity coefficient e_i
0.1	0.02 (0.00199)	0.03	0.0015	0.6874
0.3	0.06 (0.00598)	0.045	0.00225	0.6862
0.8	0.159 (0.0159)	0.06	0.003	0.6849
1.3	0.26 (0.026)	0.066	0.0033	0.6844

Initial coefficient of sand porosity: $l_0 = 0.69$

Deformation modulus:

$E = 10.8 \text{ MPa}$.

3.2 Sandy loam compression test results

Determination of the modulus of deformation of sandy loam without taking into account wetness

Determine the modulus of deformation of naturally occurring sandy loam in the pressure range 0-3 kg. Table 3 shows calculation of porosity coefficient of sandy loam.

Table 3. Calculation of the porosity coefficient for naturally moist sandy loam

Load P (kg)	Vertical tension $\bar{\sigma}$, (kg/cm ²); (MPa)	Conditionally stabilised sludge, mm S_i	Relative compressive strain: ϵ_i	Porosity coefficient e_i
0.1	0.02 (0.00199)	0.014	0.0015	0.6388
0.3	0.06 (0.00598)	0.021	0.00105	0.68827
0.8	0.159 (0.0159)	0.034	0.0017	0.6372
1.3	0.26 (0.026)	0.038	0.0019	0.6368

Determination of the deformation modulus of sandy loam saturated with water

Table 4 shows the calculation of the moisture porosity coefficient $W=0.15$.

Table 4. Calculation of the porosity coefficient

Load P (kg)	Vertical tension $\bar{\sigma}$, (kg/cm ²); (MPa)	Conditionally stabilised sludge, mm S_i	Relative compressive strain: ϵ_i	Porosity coefficient e_i
0.1	0.02 (0.00199)	0.016	0.0008	0.64468
0.3	0.06 (0.00598)	0.024	0.0012	0.64402
0.8	0.159 (0.0159)	0.042	0.0021	0.6425
1.3	0.26 (0.026)	0.068	0.0034	0.6404

Considering the character of σ distribution in a transversally isotropic half-space under the action of a vertical point force on its surface, it is seen that when ground layers get wet, stresses along the line of action of the point force decrease in comparison to those obtained by taking into account the anisotropy of the ground.

Deformation modulus: $E = 6.2$ MPa.

The theory of calculation of structures on an anisotropic soil foundation is based on the solutions of the theory of elasticity of anisotropic bodies [5]. Simple anisotropy schemes are used to describe and determine the physical characteristics of a homogeneous transversal-isotropic foundation. A homogeneous elastic-isotropic medium can be composed with a medium consisting of a number of parallel layers, of different thicknesses, of isotropic materials having different elastic properties.

If we denote the value of the deformation modulus of an anisotropic medium as a whole as E_x , for the direction parallel to the length of the layers, and through E_y for the direction perpendicular to the length of the layers, then these moduli will be related to the properties of individual layers.

Deformation moduli of the base formed by the two layers:

$$E_y = 22 \text{ MPa};$$

$$E_x = 20 \text{ MPa}.$$

Strain moduli in the water saturation state:

$$E_y = 8.1 \text{ MPa};$$

$$E_x = 8.5 \text{ MPa}.$$

$$\frac{E_x}{E_y} = 0.95 \quad \text{— state close to isotropic}$$

These relations are derived from the condition of constant strain for tension along the layers and constant stress for tension perpendicular to the layers.

4. Conclusion

These relations are obtained from the condition of constant strains for the case of tension along the layers and the constancy of stresses for the case of tension in the direction perpendicular to the layers.

Based on the results, the following conclusion can be drawn:

1. Soil deformation modulus changes (decreases) when it is saturated with water.
2. The moduli of deformation of the base in case of layered occurrence of soils have different values in the direction perpendicular to the layers and along the layers, in the event that the water saturation of the layers is $S_r < 0.8$, i.e. soils in their natural state.

When the soil is saturated with water, at $S_r < 0.8$, the deformation moduli in the direction perpendicular to the layers and along the layers become the same, i.e. soils are isotropic throughout the volume.

References

1. Rodionova Z. N., Ajtkazina A. K., Raimbekova A. Anizotropnye svoystva gruntov i gornyh porod // Vysshaya shkola: nauchnye issledovaniya. Materialy Mezhdunarodnogo kongressa. – Moscow: Infiniti, 2022. – pp. 165–173.
2. GOST 12248-2010 Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya harakteristik prochnosti i deformiruemosti. // Moscow: Standartinform, 2012. – pp. 18–22.
3. GOST 20276-2012 Grunty. Metody polevogo opredeleniya harakteristik prochnosti i deformiruemosti. // Moscow: Standartinform, 2013. – pp. 13–17.
4. Sufiyarov R.Sh. Kompresionnye ispytaniya gruntov. // Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya – 2021. Vol. 2. – pp. 70–73.
5. Ter-Martirosyan Z.G., Sidorov V.V., Ermoshina L. Yu. Opredelenie i verifikatsiya parametrov modeli slabogo grunta s uchetom polzuchesti. // Bulletin of MGSU. – 2018. – Vol. 13. Release 6 (117). – pp. 697–707.
6. Baimakhan A.R. Informatsionnaya tekhnologiya dlya modelirovaniya krena i obrusheniya fundamenta zdaniya iz za vliyaniya vodonasyshchennosti grunta. // Bulletin of Science and Practice (scientific journal). – 2017. Vol.3 – pp. 50–56.
7. Nuzhdin L.V., Korobova O.A., Nuzhdin M.L. Prakticheskiy metod rascheta osadok fundamentov s uchetom deformatsionnoy anizotropii gruntov osnovaniya // Vestnik PNI PU. Construction and architecture. – 2014. – pp. 246–264.
8. Korobova O.A., Biryukova O.A. Laboratornye issledovaniya deformatsionnoj anizotropii gruntov pri inzhenerno-geologicheskikh izyskaniyakh // Inzhenernye izyskaniya. – 2012. – Issue 6. – pp. 24–32.
9. Ter-Martirosyan Z.G. Stress-strain state of an anisotropic water-saturated base. // Bulletin of MGSU. – 2006. – Vol. 1. – pp. 28–37.

10. National Nuclear Research University “MEPhI”: URL: <https://www.youtube.com/watch?v=NB-GLm4BOnA> (accessed: 30.03.2023)

А.К. Айтказина

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан

Ылғалдылық өзгерген кезде топырақтың деформациялық сипаттамаларын зерттеу

Андатпа. Бұл мақалада топырақтың анизотропты қасиеттері және анизотропты негіздің кернеулі деформацияланған күйінің топырақ сулануының әсері қарастырылады. Материалдың қасиеттерін және осы қасиеттердің табиғатын зерттеу зерттелетін объектінің шығу тегі мен құрылымы мәселелерімен тікелей байланысты. Олардың негіздерін есептеу, ғимараттар мен құрылыстарды жобалау тұрғысынан ең маңыздысы-деформациялық, беріктік және сүзгіш анизотропия, бұл жер массаларының кернеулі-деформацияланған күйіне азды-көпті өзгерістер әкеледі. Топырақтың физика-математикалық қасиеттерінің барлық жиынтығы олардың құрылымы мен құрылымымен анықталады, олар өз кезегінде жер асты шөгінділерінің құрамы мен генезисіне байланысты, сондай-ақ топырақ массивінің кернеулі күйінің өзгеруіне әкелетін үшінші тарап факторларының әсерінен қалыптасады. Әр түрлі бағыттар бойынша топырақтың деформациялық, сүзу, беріктік және басқа қасиеттерін зерттеген барлық дерлік тәжірибелерде олардың көрсеткіштерінің айырмашылығы байқалды. Мұндай нәтижелер осы қасиеттердің анизотропты көрінісін көрсетеді. Анизотропты негізді құрайтын топырақтың есептік моделі ретінде топырақтың серпімді (сызықтық-деформацияланатын) моделі қарастырылады.

Түйін сөздер: топырақ, деформация, анизотропты, қасиеттері.

А.К. Айтказина

Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан

Исследование деформационных характеристик грунтов при изменении влажности

Аннотация. В данной статье рассматриваются анизотропные свойства грунтов и вопрос влияния намокаемости грунта напряженно-деформированного состояния анизотропного основания. Изучение свойств материала и природы этих свойств непосредственно связано с вопросами происхождения и строения исследуемого объекта. Наиболее важным из них с точки зрения расчетов оснований, проектирования зданий и сооружений являются деформационная, прочностная и фильтрационная анизотропия, вносящие в большей или меньшей степени изменения в напряженно-деформированное состояние грунтовых массивов. Весь набор физико-математических свойств грунтов определяется их структурой и текстурой, которые, в свою очередь, формируются в зависимости от состава и генезиса грунтовых отложений, а также под влиянием сторонних факторов, приводящих к трансформации напряженного состояния массива грунта. Практически во всех опытах, в которых исследовались деформационные, фильтрационные, прочностные и другие свойства грунтов по различным направлениям, отмечалось различие их показателей. Такие результаты свидетельствуют об анизотропном проявлении этих свойств. В качестве расчетной модели грунтов, слагающих анизотропное основание, рассмотрена упругая (линейно-деформируемая) модель грунта.

Ключевые слова: грунт, деформация, анизотропные, свойства.

References

1. Rodionova Z.N., Ajtkazina A.K., Raimbekova A. Anizotropnye svoystva gruntov i gornyh porod // Vysshaya shkola: nauchnye issledovaniya. Materialy Mezhvuzovskogo mezhdunarodnogo kongressa. – Moscow: Infiniti, 2022. – pp. 165–173.
2. GOST 12248-2010 Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya harakteristik prochnosti i deformiruemosti. // Moscow: Standartinform, 2012. – pp. 18–22.
3. GOST 20276-2012 Grunty. Metody polevogo opredeleniya harakteristik prochnosti i deformiruemosti. // Moscow: Standartinform, 2013. – pp. 13–17.
4. Sufiyarov R.SH. Kompessionnye ispytaniya gruntov. // Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya – 2021. Vol. 2. – pp. 70–73.
5. Ter-Martirosyan Z.G., Sidorov V.V., Ermoshina L. Yu. Opredelenie i verifikatsiya parametrov modeli slabogo grunta s uchedom polzuchesti. // Bulletin of MGSU. – 2018. – Vol. 13. Release 6 (117). – pp. 697–707.
6. Baimakhan A.R. Informatsionnaya tekhnologiya dlya modelirovaniya krena i obrusheniya fundamenta zdaniya iz za vliyaniya vodonasyshchennosti grunta. // Bulletin of Science and Practice (scientific journal). – 2017. Vol.3 – pp. 50–56.
7. Nuzhdin L.V., Korobova O.A., Nuzhdin M.L. Prakticheskiy metod rascheta osadok fundamentov s uchedom deformatsionnoy anizotropii gruntov osnovaniya // Vestnik PNI PU. Construction and architecture. – 2014. – pp. 246–264.
8. Korobova O.A., Biryukova O.A. Laboratornye issledovaniya deformatsionnoj anizotropii gruntov pri inzhenerno-geologicheskikh izyskaniyakh // Inzhenernye izyskaniya. – 2012. – Issue 6. – pp. 24–32.
9. Ter-Martirosyan Z.G. Stress-strain state of an anisotropic water-saturated base. // Bulletin of MGSU. – 2006. – Vol. 1. – pp. 28–37.
10. National Nuclear Research University “MEPhI”: URL: <https://www.youtube.com/watch?v=NB-GLm4BOnA> (accessed: 30.03.2023)

Information about authors:

A. Aitkazina – Senior Lecturer, Serikbayev East Kazakhstan Technical University, 69 Protozanov str., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

A.K. Айтқазина – аға оқытушы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Протозанов көш., 69, Өскемен, Қазақстан.

**N. Abisheva¹, K. Sherov^{2*}, T. Nasad³, M. Ussebayev²,
D. Abulkhairov², I. Sagynganova⁴, A.B. Yerzhanova²**

¹A. Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

²S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan

³Saratov State Technical University, Y. Gagarina, Saratov, Russia

⁴L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: batyrbekovna.nazerke@gmail.com, *shkt1965@mail.ru, tgnas@mail.ru, usermur@mail.ru, adk511@bk.ru, sagynganova_ik@enu.kz, erjanova_akbota@mail.ru

Research of the stress-strain state of the loaded assembly for friction welded device

Abstract. This article presents the results of the study of methods for friction welding of dissimilar materials and the calculations to determine the structural strength of the most loaded part of a special friction welding device were made. The analysis showed that the friction welding method has wide technological capabilities and it is used in various industries. The designs of existing devices and machines for friction welding were also investigated. It was revealed that the method of friction welding in the conditions of machine-building plants of the Republic of Kazakhstan (RK) has not found application due to the little knowledge and high cost of technological equipment. The authors have developed a special device for friction welding of dissimilar materials. To optimize the parameters of the parts, in particular the bracket part, the stress-strain state calculations were performed using the ANSYS software package and the strength calculation by determining the acting external critical loads. The results of the calculation showed the applicability of the developed design of the bracket part.

Keywords: friction welding, dissimilar materials, stresses, structural strength, device, torque.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-225-236

Introduction

Friction welding is a high-performance and economical process for joining parts of the various materials. In which the mechanical energy supplied to one of the welded parts is converted into thermal energy directly at the place of the future connection. Such a concentrated heat release determines the main features of the friction welding [1].

In subsequent years, in many countries, the possibility of joining difficult-to-weld promising materials by friction welding was investigated. One of the such material is cast iron. In Japan, studies have been carried out on friction welding of the nodular graphite iron (NGI) FCD 450 with corrosion-resistant steels SUS 304 and SUS 430 [1,2,3]. A simplified model is suggested in this research for determining the rate of heat input into dissimilar joints during friction welding using a one-dimensional equation of thermal conductivity [2]. In [4], examples of the friction welding application for joining cast iron and steel are given. These are critical welded units in cars: a ferritic cast iron axle body and a combined steel part; cam camshaft welded from cast iron and steel parts; elements of gas equipment (valves, gates) made of ferritic-pearlitic cast iron

and steel. In Romania, experiments were carried out on friction welding of samples from Fgn 500-7 cast iron with steel 17MnCr10 [5]. Cylindrical samples had dimensions of $\varnothing 16 \times 40$ mm. It has been established that high-quality joints can be obtained only in a narrow range of welding parameters.

In Poland, a series of experiments on friction welding of the cast iron with unalloyed steel and non-ferrous metal alloys were carried out. Welded pearlite NGI and low-carbon steel [6]. The resulting welded joints NGI + NGI and NGI + steel had low mechanical properties. The destruction of all samples occurred along the joint plane. Also, technologies for friction welding of NGI with a copper alloy and NGI with aluminum [3,7], i.e., such pairs of materials that cannot be joined by other types of welding, were also studied.

The results obtained indicate the need for further experiments to optimize the chemical composition and technology of the applying facing and intermediate layers, which ensure the production of the high-quality welded joints of the cast iron with other metals and alloys [7].

From the listed varieties of the friction welding, the most widely used are: in Europe it was conventional friction welding, in the USA it was inertial welding, in Japan they were both varieties mentioned above. The remaining varieties in the industry are still of limited use, but research work is still being conducted in many countries.

In many countries, friction welding is widely used in the manufacture of the automobile parts, tractors, agricultural machines, modern aircraft, metal-cutting and other machine tools, cutting tool blanks, electrical industry products, as well as products of metalworking enterprises in a number of other industries, which belongs to the serial and mass type. productions.

The conducted studies have shown [8,9,10] that the considered method of friction welding in the conditions of machine-building plants of the Republic of Kazakhstan has not found application. The reason for this may be, in addition to the above, the following factors:

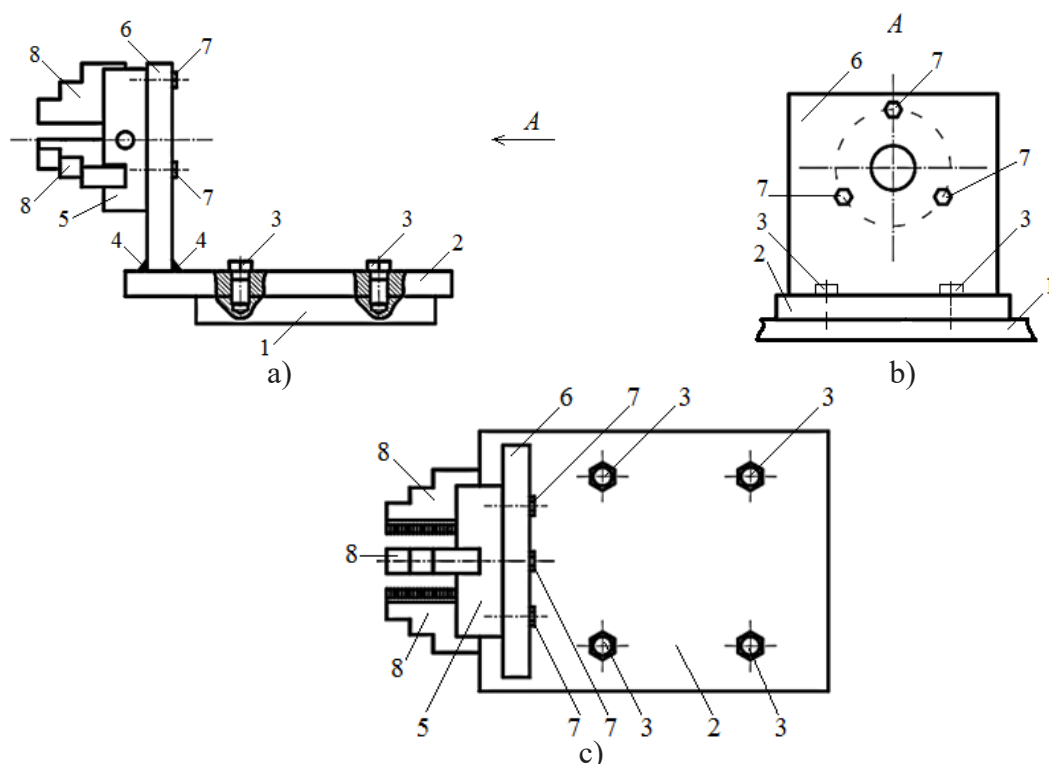
- little knowledge of the friction welding method;
- lack of the serial (or mass) production;
- inexpediency of the purchasing equipment for friction welding due to the high cost.

For the production conditions of Kazakhstan Republic, it is necessary to develop a technology for friction welding of dissimilar materials that differs from the existing ones in high quality and productivity, versatility, low cost, and at the same time, the design of the used equipment was not complicated, but also easy to operate. For this purpose, studies were carried out to study the existing designs of devices and machines for friction welding. The friction welding machine is known for the "pipe-tube sheet" of the heat exchangers, consisting of a rotation drive, a flexible shaft, intermediate supports, a power drive, a movement mechanism, a control unit [11].

The disadvantage of the known machine for friction welding is the complexity of the design and the high cost of manufacturing, as well as the possibility of welding parts only in a narrow range of diameters. A known installation for friction welding of long and end parts, containing a friction welding machine, on the frame of which a spindle assembly with a rotation drive and a chuck for a rotated part is fixedly mounted, a clamping device with a hydraulic drive, a mechanism and a unit for loading and unloading parts and finished products and welded product are also installed on the frame [12]. Taking into account all the shortcomings and factors identified during the study of the existing methods of the friction welding of dissimilar materials, the authors are developing a new method of the friction welding of dissimilar materials and the design of a special device for its implementation [13].

The main part

Figure 1 shows a complete lathe based friction welder.



a – side view; b – view A; c – top view; 1 – support; 2 – plate; 3,7 – screws for fixing; 4 – welded seam; 5 – mount; 6 – bracket; 8 – cams

Figure 1. A friction welding device based on a lathe

Calculation of the stress-strain state of the bracket part, which is the most loaded base part of the device. To perform the calculation of the stress-strain state of the bracket part, we use the ANSYS software package. The material of the part is the bracket steel 45. In the program database, we determine the parameters of structural steel 45.

Table 1 shows the parameters of structural steel 45.

Table 1. Parameters of structural steel 45

Common Material Properties	
Density	7.85e-06 kg/mm ³
Young's Modulus	2e+06 MPa
Thermal Conductivity	0.060500 W/mm* ⁰ C
Specific Heat	4.34e+05 mJ/kg* ⁰ C
Tensile Yield Strength	250.00 MPa
Tensile Ultimate Strength	460.00 MPa
Nonlinear Behavior	False

Figure 2 shows the bracket part model.

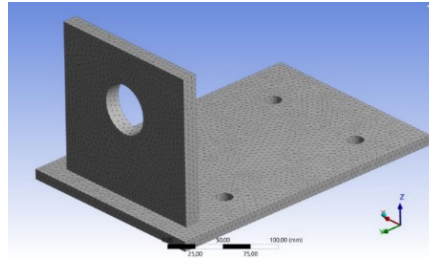


Figure 2. Model part bracket

The state in which internal changes in the metal lead to its destruction is called the limit stress state. The conclusion about the reliability of the design should be made on the basis of a comparison of the maximum stresses that may occur at the most dangerous point with the maximum allowable values for a given material. The ultimate stress state of a structure is the boundary beyond which its operation is unacceptable. The reliability of operation is the higher, the farther from the limit state the level of actual stresses inside the material of the part. Using the ANSYS software package to perform the analysis of the stress-strain state of a welded vertical support makes it possible to obtain output results in the form of three values of the principal stresses σ_{ν} , which are the roots of the cubic equation determined by the components of the stress vector:

$$\begin{vmatrix} \sigma_x - \sigma_0 & 1/2\sigma_{xy} & 1/2\sigma_{xz} \\ 1/2\sigma_{xy} & \sigma_y - \sigma_0 & 1/2\sigma_{yz} \\ 1/2\sigma_{xz} & 1/2\sigma_{yz} & \sigma_z - \sigma_0 \end{vmatrix} = 0$$

Principal stresses are denoted $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$. The principal stresses are ordered in such a way that σ_1 is the largest positive stress and σ_3 is the largest negative. The voltage intensity is the absolute value of the largest of the three differences: $\sigma_1 - \sigma_2, \sigma_2 - \sigma_3$ or $\sigma_3 - \sigma_1$, i.e.

$$\sigma_1 = \max(|\sigma_1 - \sigma_2|, |\sigma_2 - \sigma_3|, |\sigma_3 - \sigma_1|)$$

The von Mises stresses or equivalent stresses are calculated using the formula:

$$\sigma_e = (S[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2])^{1/2}$$

The calculation in the ANSYS software package is based on the method of permissible conditional elastic stresses. The stress-strain state of the support is determined by the spatial work of the calculation model under the action of combinations of the operational loads. Figure 3 shows the load diagram of the support (bracket details).

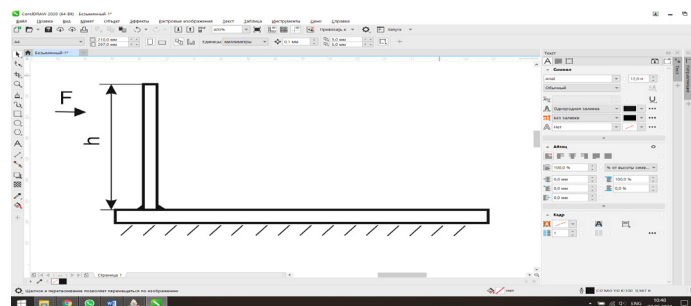
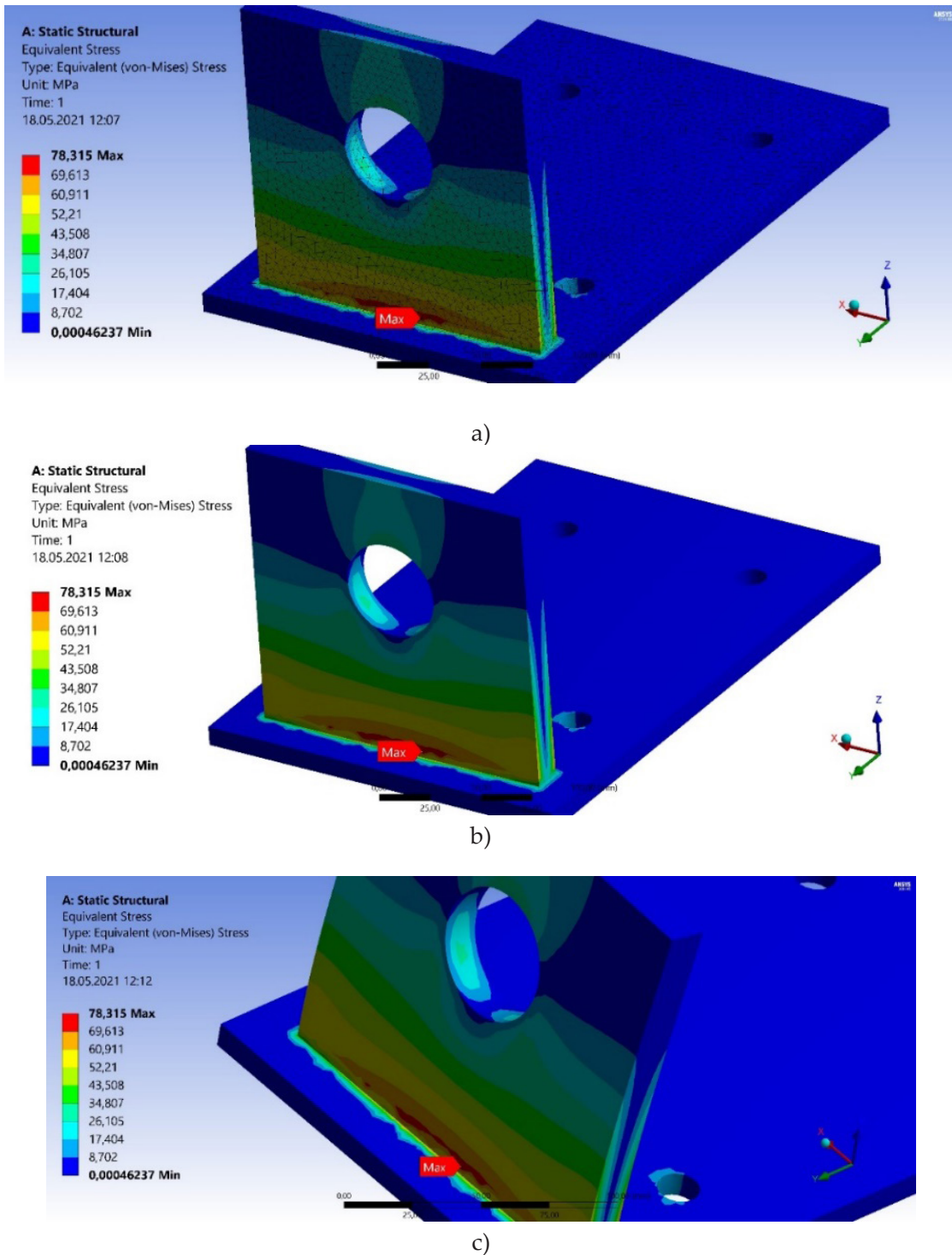


Figure 3. Diagram of the support load (bracket details)

Figure 4 shows the results of the calculation of the support (bracket parts) obtained using the ANSYS program at various time intervals.



a – is the initial period of load application; *b* – is after 60 seconds; *c* – after 300 sec
Figure 4. The results of the calculation of the stress-strain state of the support (bracket parts), obtained using the ANSYS program at various time intervals

Figure 5 shows a graph of the interpretation of the stress distribution results (σ) along the length (h) of the support section.

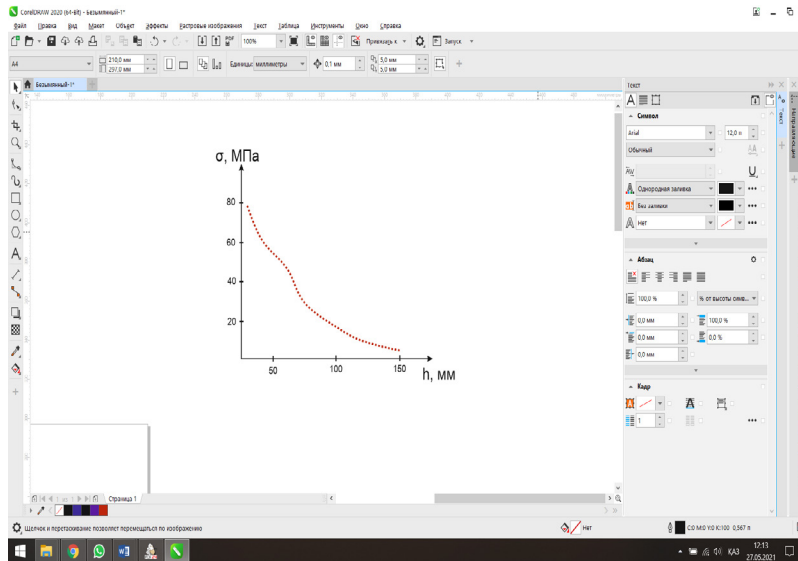


Figure 5. Graph of results interpretation

Let's calculate the structural strength of the bracket part. Let's build a calculation scheme of the acting forces on the bracket part in the process of work. Figure 6 shows the design diagram of the acting forces on the bracket part.

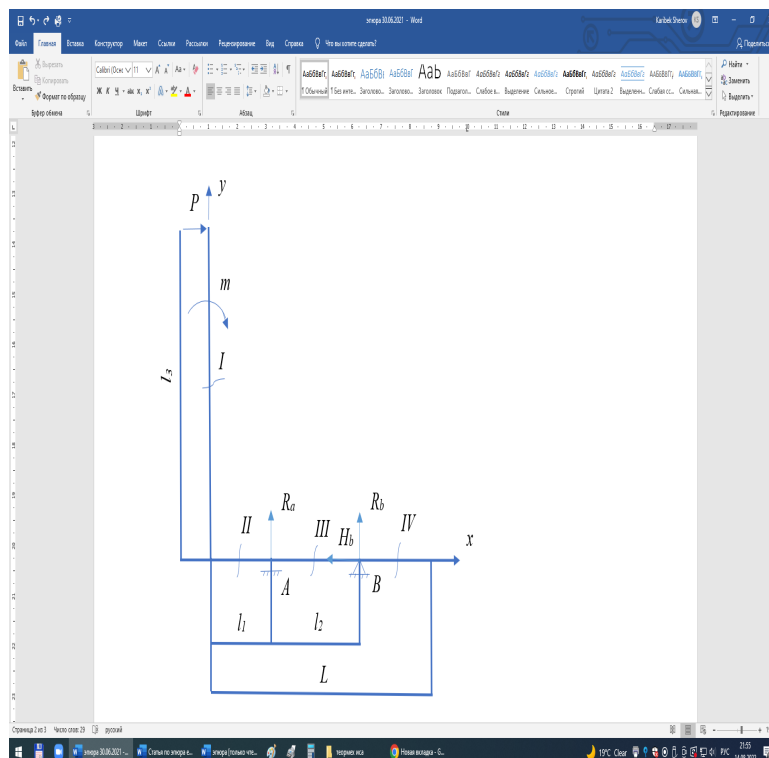


Figure 6. Calculation scheme of the acting forces on the bracket part

The calculation scheme gives: P is resistance force; m is a moment; l_1 is the length of section II; l_2 is the length of section III; l_3 is the length of section I; L is the total length.

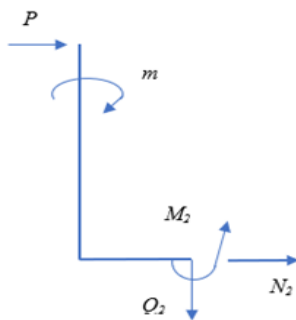
For the calculation, it is necessary to find and determine R_A ; R_B ; H_B and create a diagram. Solution:

$$\sum F_{kx} = 0; P - H_B = 0; H_B = P$$

$$\sum F_{ky} = 0; R_A + R_B = 0; R_A = -R_B$$

$$\sum m_A(F_k^i) = 0; R_B * l_2 - m - P * l_3 = 0$$

$$R_B = \frac{m + P * l_3}{l_2}$$



I section $0 \leq z_1 \leq l_3$

$$\sum y = 0; N_1 = 0$$

$$\sum x = 0; Q_1 = P$$

$$\sum m_0 = 0; M_1 = P * z_1 + m;$$

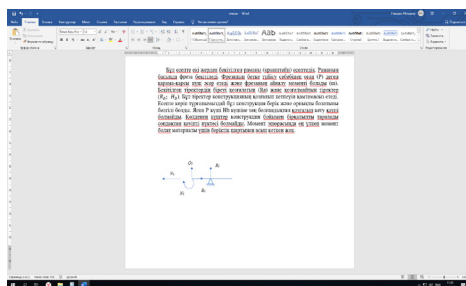
$$z_1 = 0: M_1 = m; z_1 = l_3; M_3 = P * l_3 + m$$

II section $0 \leq z_2 \leq l_1$

$$\sum y = 0; Q_1 = 0$$

$$\sum x = 0; N_2 = -P$$

$$\sum m_0 = 0; M_2 = P * l_3 + m;$$



III section $0 \leq z_3 \leq l_2$

$$\sum y = 0; Q_3 = -R_B$$

$$\sum x = 0; N_3 = -H_B$$

$$\sum m_0 = 0; M_3 = R_B * z_3;$$

$$z_3 = 0: M_3 = 0; z_3 = l_2; M_3 = R_B * l_2$$

Figure 7 shows diagrams of the forces operating on the bracket.

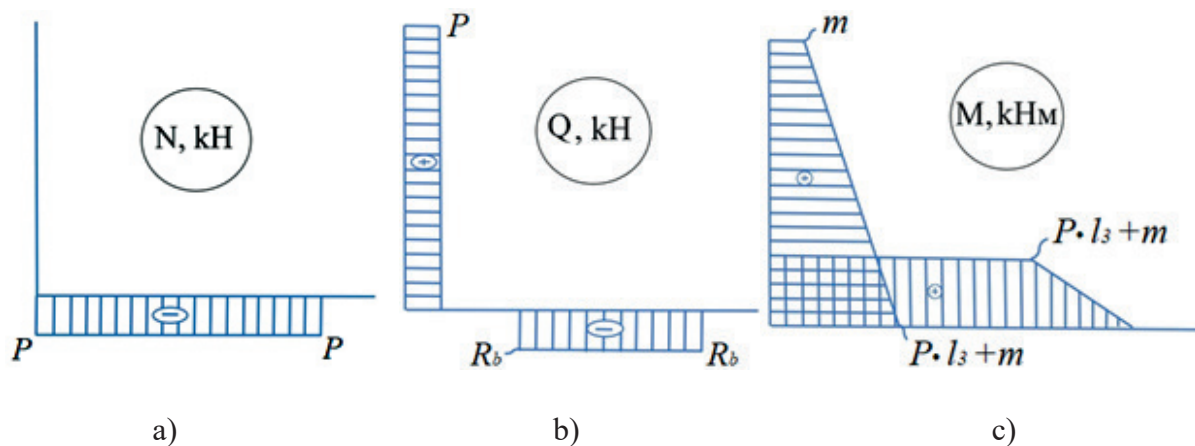


Figure 7. Diagrams of the forces operating on the bracket: a is a diagram of longitudinal forces; b- is a diagram of transverse forces; c is a diagram of the bending moment

Discussion

In this example, the structural strength of a bracket fixed in two places is calculated. A mount is attached to the supporting wall of the bracket. In the process of the friction welding, it is affected by the opposite force (P) and torque (m) arising from the rotation of the workpiece fixed in the three-jaw chuck of the machine.

Supports are movable (R_A) and fixed supports (R_B ; H_B). These supports provide stability to the structure. As can be seen from the example, this design will be strong and stable, i.e. since the force P is equal to the force H_B , there is no danger of moving. Shear forces are evenly distributed throughout the structure and therefore do not have a dangerous point. In the torque diagram, the maximum torque does not exceed the strength condition for the steel material.

As we can see in the diagram, the longitudinal force N describes the forces acting along the bracket, i.e. along the rod. Therefore, we see that the longitudinal force exists only in the second and third sections of the frame. The transverse force Q characterizes the forces acting perpendicular to the bracket rod. As you can see in the diagram, the first and third cross sections are under the influence of a force. The moment of the force has the greatest value in the second and third sections.

Conclusions

1. The results of the study showed that in many countries scientific research is being successfully carried out to create and improve the technology of friction welding of dissimilar materials. It was revealed that the method of friction welding has wide technological possibilities.

2. The results of calculating the stress-strain state of the bracket part using the ANSYS software package and calculating the structural strength of the bracket part of a special device for friction welding showed that the proposed design and parameters of the main base part (bracket) of the device withstand a critical load during friction welding.

References

1. Sherov K.T., Gurba G., Imasheva K.I., Bykova N.A. Friction welding is a promising direction of thermofriction technology for processing and joining parts (review-2) / Bulletin of Science KazATU named after. S. Seifullin.- Astana: KazAU Publishing House, 2010.- No. 4 (66) – P. 133–138.
2. Shinoda T., Endo S., Tanada K. Friction Welding of Cast iron and Stainless Steels // Quarterly Journal of the Japan Welding Society. 2018. Vol. 14. No. 12. P. 248–254.
3. Metlitsky V.A. Pressure welding of cast iron // Welding production. 2017. No. 4(905). pp. 35–46.
4. Hauswurz G., Schober D. Reibschweifien fur potimierle Guss - Konstruktion // Konstruieren + GieBen, 2019. Bd 21, N4 S. 33–37.
5. Mitelea I., Gugu R., Petrica A. Process parameters in friction of nodular cast iron with low alloyed steels for mechanical constructions // Sudura. 2017 Vol. 17. No. 5. P. 21–27.
6. Ciszewski G. New experimental concept for the fabrication of cast iron to cast iron and cast iron to steel joints by means of friction welding and the mechanical and plastic properties of these joints // Welding and Cutting. 2017. No. 5. P. 288–297.
7. Ciszewski G. New experimental concept of the fabrication of cast iron to (85% Cu) cooper alloy and cast iron to aluminum joints by friction welding and the mechanical and plastic properties of these joints // Welding and Cutting. 2018. N 2. P. 104–110.
8. Yessirkepova A.B., Sherov K.T., Mikhailov V.F., Mazdubay A.V., Taskarina A.Zh. Research of ways of connecting reinforced bars in the production of reinforced concrete products / Journal of Applied Engineering (JAES) Science, Vol. 18 no. 3 (2020) – P. 372–377. <https://doi.org/10.5937/jaes18-24319>
9. Sherov K., Serova R., Yessirkepova A., Mussayev M., Ashurova N., Mazdubai A., Okimbayeva A., Smailova B., Kassymbabina D. Laboratory tensile testing of unmeasurable parts of reinforcing bars joined by butt welding method / International Journal of GEOMATE, Sept. 2022, Vol.23, Issue 97, pp.196–202. DOI: <https://doi.org/10.21660/2022.97.3488>
10. Sherov A.K., Mazdubai A.V., Sherov K.T., Tulieva N.B. Friction welding is a promising direction of thermofriction technologies for processing and joining parts (review-3) / Bulletin of Science KazATU named after. S. Seifullin. - Astana: KazAU Publishing House, 2014.- No. 1 (80) – S. 146–152.
11. Mulikov D.Sh., Karetnikov D.V., Rizvanov R.G., Chetvertkova O.V., Rizvanov M.I. Machine for friction welding of the tube-tube sheet assembly of heat exchangers. Patent of the Russian Federation No. 161438. Published 04/20/2016. Bull. No. 11.
12. Vedernikov N.M. Installation for friction welding of long and end parts. Patent RU No. 164441 U1. Published 08/27/2016. Bull. No. 24.
13. Sherov K.T., Sherov A.K., Esirkepova A.B., Imanbaev E.B., Gabdysalyk R., Mikhailov V.F., Baktybay I.S. Device for friction welding / Patent No. 4676 RK for utility model. Published on 02/14/2020. Bull. No. 6.

**Н.Б. Абишева¹, К.Т. Шеров^{2*}, Т.Г. Насад³, М.Т. Усербаев², Д.К. Абулхайров²,
И.К. Сагынганова⁴, А.Б. Ержанова²**

¹А. Сагынганова атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

³Ю. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті, Саратов, Ресей

⁴Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Үйкеліспен дәнекерлеуге арналған құрылғының жүктелген торабының кернеулі деформацияланған күйін зерттеу

Аңдатпа. Бұл мақалада әртекті материалдарды үйкеліспен дәнекерлеу әдістерін зерттеу нәтижелері берілген және үйкеліс дәнекерлеуге арналған арнайы құрылғының ең көп жүктелетін торабының құрылымдық беріктігін анықтау үшін есептеулер жасалған. Талдау үйкеліспен дәнекерлеу әдісінің кең технологиялық мүмкіндіктерге ие екенін және

әртүрлі салаларда қолданылатынын көрсетті. Сондай-ақ үйкеліспен дәнекерлеуге арналған қолданыстағы құрылғылар мен станоктардың конструкциялары зерттелді. Қазақстан Республикасының (ҚР) машина жасау зауыттары жағдайында үйкеліспен дәнекерлеу әдісі білімнің аздығына және технологиялық жабдықтың жоғары құнына байланысты қолданысын таппағаны анықталды. Авторлар бір-біріне ұқсамайтын материалдарды үйкеліспен дәнекерлеуге арналған арнайы құрылғы әзірледі. Бөлшектердің, атап айтқанда кронштейн бөлігінің параметрлерін оңтайландыру үшін ANSYS бағдарламалық пакетін қолдану арқылы кернеу-деформация күйін есептеу және әрекеттегі сыртқы сыни жүктемелерді анықтау арқылы беріктік есептеу жүргізілді. Есептеу нәтижелері кронштейн бөлігінің әзірленген конструкциясының қолдану мүмкіндігін көрсетті.

Түйін сөздер: үйкеліспен дәнекерлеу, әртекті материалдар, кернеулер, құрылымдық беріктік, құрылғы, айналу моменті.

**Н.Б. Абишева¹, К.Т. Шеров^{2*}, Т.Г. Насад³, М.Т. Усербаев², Д.К. Абулхаиров²,
И.К. Сагынганова⁴, А.Б. Ержанова²**

¹Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, Караганда, Казахстан

²Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

³Саратовский государственный технический университет имени Ю. Гагарина, Саратов, Россия

⁴Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Исследование напряженно-деформированного состояния нагруженного узла устройства для сварки трением

Аннотация. В данной статье приводятся результаты исследования способов сварки трением разнородных материалов и выполнены расчеты по определению прочности конструкции самой нагруженной детали специального устройства для сварки трением. Анализ показал, что способ сварки трением имеет широкие технологические возможности и применяется в различных отраслях промышленности. Также были исследованы конструкции существующих устройств и машин для сварки трением. Выявлено, что способ сварки трением в условиях машиностроительных заводов Республики Казахстан (РК) не нашел применения из-за малой изученности и высокой стоимости технологического оборудования. Авторами разработано специальное устройство для сварки трением разнородных материалов. Для оптимизации параметров деталей, в частности детали кронштейн выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния с использованием программного комплекса ANSYS и расчет на прочность путем определения действующих внешних критических нагрузок. Результаты расчета показали применимость разработанной конструкции детали кронштейн.

Ключевые слова: сварка трением, разнородные материалы, напряжения, прочность конструкции, устройство, крутящий момент.

References

1. Sherov K.T., Gurba G., Imasheva K.I., Bykova N.A. Friction welding is a promising direction of thermofriction technology for processing and joining parts (review-2) / Bulletin of Science KazATU named after S. Seifullin.- Astana: KazAU Publishing House, 2010.- No. 4 (66) – P. 133–138.

2. Shinoda T., Endo S., Tanada K. Friction Welding of Cast iron and Stainless Steels // Quarterly Journal of the Japan Welding Society. 2018. Vol. 14. No. 12. P. 248–254.

3. Metlitsky V.A. Pressure welding of cast iron // Welding production. 2017. No. 4(905). pp. 35–46.

4. Hauswurz G., Schober D. Reibschweifien fur potimierle Guss - Konstruktion // Konstruieren + Gieben, 2019. Bd 21, N4 S. 33–37.

5. Mitelea I., Gugu R., Petrica A. Process parameters in friction of nodular cast iron with low alloyed steels for mechanical constructions // Sudura. 2017 Vol. 17. No. 5. P. 21–27.

6. Ciszewski G. New experimental concept for the fabrication of cast iron to cast iron and cast iron to steel joints by means of friction welding and the mechanical and plastic properties of these joints // *Welding and Cutting*. 2017. No. 5. P. 288–297.
7. Ciszewski G. New experimental concept of the fabrication of cast iron to (85% Cu) copper alloy and cast iron to aluminum joints by friction welding and the mechanical and plastic properties of these joints // *Welding and Cutting*. 2018. N 2. P. 104–110.
8. Yessirkepova A.B., Sherov K.T., Mikhailov V.F., Mazdubay A.V., Taskarina A.Zh. Research of ways of connecting reinforced bars in the production of reinforced concrete products / *Journal of Applied Engineering (JAES) Science*, Vol. 18 no. 3 (2020) – P. 372–377. <https://doi.org/10.5937/jaes18-24319>
9. Sherov K., Serova R., Yessirkepova A., Mussayev M., Ashurova N., Mazdubai A., Okimbayeva A., Smailova B., Kassymbabina D. Laboratory tensile testing of unmeasurable parts of reinforcing bars joined by butt welding method / *International Journal of GEOMATE*, Sept. 2022, Vol.23, Issue 97, pp.196–202. DOI: <https://doi.org/10.21660/2022.97.3488>
10. Sherov A.K., Mazdubai A.V., Sherov K.T., Tulieva N.B. Friction welding is a promising direction of thermofriction technologies for processing and joining parts (review-3) / *Bulletin of Science KazATU named after. S. Seifullin*. – Astana: KazAU Publishing House, 2014.– No. 1 (80) – S. 146–152.
11. Mulikov D.Sh., Karetnikov D.V., Rizvanov R.G., Chetvertkova O.V., Rizvanov M.I. Machine for friction welding of the tube-tube sheet assembly of heat exchangers. Patent of the Russian Federation No. 161438. Published 04/20/2016. Bull. No. 11.
12. Vedernikov N.M. Installation for friction welding of long and end parts. Patent RU No. 164441 U1. Published 08/27/2016. Bull. No. 24.
13. Sherov K.T., Sherov A.K., Esirkepova A.B., Imanbaev E.B., Gabdysalyk R., Mikhailov V.F., Baktybay I.S. Device for friction welding / Patent No. 4676 RK for utility model. Published on 02/14/2020. Bull. No. 6.

Information about authors:

N. Abisheva – PhD student, Abylka Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev ave., Karaganda, Kazakhstan.

K. Sherov – Doctor of Technical Sciences, Professor, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

T. Nasad – Doctor of Technical Sciences, Professor, Saratov State Technical University, 77 Politehnicheskaya str., Saratov, Russia.

M.T. Ussebayev – Candidate of Technical Sciences, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

D.K. Abulkhairov – Doctor of Technical Sciences, Professor, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

I. Sagynganova – PhD, Acting Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

A. Erzhanova – PhD, Senior Lecturer, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

Н.Б. Абишева – докторант, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даңғ., 56, Қарағанды, Қазақстан.

К.Т. Шеров – техника ғылымдарының докторы, профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

Т.Г. Насад – техника ғылымдарының докторы, профессор, Саратов мемлекеттік техникалық университеті, Политехническая көш., 77, Саратов, Ресей Федерациясы.

М.Т. Усербаев – техника ғылымдарының кандидаты, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

Д.К. Абулхаиров – техника ғылымдарының докторы, профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

И.К. Сағынганова – PhD, доцент м.а., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

А.Б. Ержанова – PhD, аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

Н.Б. Абишева – докторант, Карагандинский технический университет имени А. Сагинова, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56, Казахстан.

К.Т. Шеров – доктор технических наук, профессор, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Астана, пр. Женис, 62, Казахстан.

Т.Г. Насад – доктор технических наук, профессор, Саратовский государственный технический университет, ул. Политехническая, 77, Саратов, Российская Федерация.

М.Т. Усербаев – кандидат технических наук, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Астана, пр. Женис, 62, Казахстан.

Д.К. Абулхаиров – доктор технических наук, профессор, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Астана, пр. Женис, 62, Казахстан.

И.К. Сағынганова – PhD, и.о. доцента, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан.

А.Б. Ержанова – PhD, старший преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Астана, пр. Женис, 62, Казахстан.

А.У. Байдуллаева^{1*}, А.Н. Аманбек², А.Б. Абдрахманов¹,
К.Т. Шеров¹, Ғ.К. Каленов¹, Б.Т. Оразалиев¹

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Астана, Қазақстан

²«Астанагенжоспар ғылыми-зерттеу жобалау институты,
Астана, Қазақстан

E-mail: *baidullayeva05@gmail.com, aidosha9225@gmail.com, andesh@list.ru
shkt1965@mail.ru, kalenov_gk@mail.ru, berik.orazali@mail.ru

Көлік қозғалтқыштарын іске қосуды жеңілдететін жылу аккумуляторларының жұмыс үдерісін теориялық зерттеулер

Аңдатпа. Қоршаған ортаның төменгі температурасы қозғалтқыштың кейбір сипаттамаларының нашарлауына, бөлшектердің беріктігінің төмендеуіне әкеп соқтырады. Сондықтан зерттеу жұмыстың негізгі өзектілігі: жылу энергияны сақтаудың әдістері мен тәсілдеріне байланысты жылу аккумуляторды жобалау, өндіріс цикліндегі жылуды қолдану, қажетті тиімді материалдарды таңдау және оны жетілдіру өзекті. Осы тұрғыдан қондырғыны пайдалануда және қозғалтқыштар жұмысының дайындығына кеткен шығынының төмендеуі арқасында көлік өнімділігінің, көлік қозғалтқыш сипаттамаларының жоғарлауына қол жеткізілді. Бұл жұмыста жылу аккумуляторының қозғалтқышты қыздыруға жұмсалатын жылу мөлшері, жылу аккумуляторының қоршаған ортаға шығындайтын жылу мөлшерінің, қоршаған ортаға бөлінген жылу қуаты, қозғалтқышты қыздырудағы жылу аккумуляторының қоршаған ортаға шығындайтын жылу мөлшері анықталды.

Түйін сөздер: жылу аккумуляторы, жылу мөлшері, қоршаған ортаның төменгі температурасы.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-237-247

1. Кіріспе

Көлік қозғалтқыштарының жылулық режимін қамтамасыз ететін, алдын ала іске қосуды жеңілдететін қондырғының құрылымын негіздеу үшін теориялық зерттеулер жүргізілді. Қоршаған ортаның төменгі температурасы қозғалтқыштың кейбір сипаттамаларының нашарлауына, бөлшектердің беріктігінің төмендеуіне әкеп соқтырады. Сондықтан зерттеу жұмыстың негізгі өзектілігі: жылу энергияны сақтаудың әдістері мен тәсілдеріне байланысты жылу аккумуляторды жобалау, өндіріс цикліндегі жылуды қолдану, қажетті тиімді материалдарды таңдау және оны жетілдіру өзекті мәселе болды. Осы тұрғыдан қондырғыны пайдалануда және қозғалтқыштар жұмысының дайындығына кеткен шығынының төмендеуі арқасында көлік өнімділігінің, көлік қозғалтқыш сипаттамаларының жоғарлауына қол жеткізілді.

Техникалық климатологияның негізгі климаттық факторына қоршаған ортаның температурасы жатады. Климаттық жағдайларды сипаттайтын негізгі көрсеткіштеріне, эксплуатациялық материалдардың физика-химиялық қасиеттеріне, әсіресе іске қосу және іштен жану қозғалтқышының (келесіде – ІЖК) жұмысына және көліктердің басқа агрегаттарына әсер ететін сыртқы ауаның температурасын жатқызуға болады. Республикамызда климаттық жағдай, негізінде, кенет континентті. Орташа температура қаңтар кезінде солтүстікте -18°C -тан басталады, оңтүстікте -6°C -қа дейін төмендеп, жаз айында $+32^{\circ}\text{C}$ -қа дейін жоғарлайды. Елімізде жаз бірыңғай ыстық және құрғақ. Температура $+50^{\circ}\text{C}$ -қа дейін жетуі мүмкін (оңтүстік Қазақстан облысы, Түркістан қаласында). Елде қыс аз қарлы және салқын, температура -40°C -қа дейін жетуі мүмкін (Ақмола облысы, Атбасар қаласында).

2. Методтар

Қоршаған ортаның төмендеген температурасында мотор майының тұтқырлығы кенеттен өсуіне алып келеді. Нәтижесінде майдың өтуімен қозғалуы баяулап, кенеттен майлау сапасы төмендеп, құрғақ және жартылай құрғақ үйкелісті тудырады. Біздің ғылыми жұмысымызда іске қосуды жеңілдететін құрылғы ретінде жылу аккумуляторлары (келесіде - ЖА) таңдалды. ЖА бірнеше цилиндрлі жылу оқшауланған бөліктерден тұрады. Ұсынылып отырған қондырғы қоршаған ортаның төменгі температурасында, аралық ауысым кезінде және ашық гаражсыз сақталған кезде автотрактор қозғалтқыштарын жеңіл іске қосуды қамтамасыз етеді. Қозғалтқыш жұмысы тоқтағаннан кейін оның салқындату жүйе блогындағы қызған жоғарғы температурадағы салқындатқыш сұйық ЖА-на құйылып, сол жерде бірнеше тәулік жылудың сақталуын қамтиды[1].

Жылудың таралуы жылуөткізгіштігімен қатар жүреді. Жылуөткізгіштік теориясы жылудың таралу үрдісіне ғана емес, энергияның сақталу заңына, Фурье заңына негізделген [2].

Физикалық шарт жылуөткізгіштіктің дифференциалдық теңдеуіне кіретін дененің физикалық көрсеткіштерінің сандық мәндерін береді.

Шектік шарт дененің шектік үрдісінің маңыздылығын көрсетеді және келесі түрде берілуі мүмкін. Шектік шарт бірінші жағдайда дененің бетінде температураның таралуын төмендегі формула арқылы қарастырылады:

$$t_c = f(x, y, z, \tau), \quad (1)$$

Функция үрдіс кезінде бірнеше аралықта берілген. Беткі температура әрқашан тұрақты болғанда $t_c = \text{const}$, бұл жағдай қоршаған ортамен жылдамырақ жылу алмасуы байқалады.

Шектік шарт екінші жағдайда дене бетіндегі жылулық ағымның тығыздығын қарастырады.

$$q_c = f(x, y, z, \tau), \quad (2)$$

Шектік шарт үшінші жағдайда былай жазылады:

$$-\lambda \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right)_c = \alpha (t_{\text{ж}} - t_c), \quad (3)$$

Шектік шарттың үшінші жағдайы тәжірибеде өте кең қолданылған.

Орындалған талдау негізінде ЖА-ры көліктерді пайдалануда жылу энергиясын сақтап, қозғалтқышты іске қосу барысында тиімді, қолайлы қондырғы болып есептелінеді.

Жылу аккумуляторының жылу балансы келесі түрде өрнектеледі:

$$Q_{акм} = Q_{а.о} + Q_{қ.қ} + Q_{қ.о}, \quad (4)$$

мұндағы,

$Q_{акм}$ – жылу аккумуляторының толық жылу мөлшері, Дж;

$Q_{а.о}$ – жылу аккумуляторының қоршаған ортаға шығындалатын жылу мөлшері, Дж;

$Q_{қ.қ}$ – қозғалтқышты қыздыруға жұмсалатын жылу мөлшері, Дж;

$Q_{қ.о}$ – қозғалтқышты жылыту барысында қоршаған ортаға кететін жылу мөлшері, Дж.

Қозғалтқыштың сыртқы жылу балансы қозғалтқышқа енген отын жылуының таралуы бойынша жұмыс жасаудың маңызды сипаттамасын көрсетеді [3].

$$Q_p = Q_e + Q_{с.о} + Q_m + Q_{п.г} + Q_{т.ж} + Q_{қал.}, \quad (5)$$

мұндағы,

Q_p – қозғалтқышқа енген отынның толық жылу мөлшері (жеткілікті жылу), квт;

Q_e – қозғалтқыштың тиімді жұмысының эквиваленті жылу мөлшері, квт;

$Q_{с.о}$ – салқындату сұйығынан алынған жылу мөлшері, квт;

Q_m – моторлы майға кеткен жылу мөлшері, квт;

$Q_{п.г}$ – қозғалтқыштан пайдаланылған газдардан кеткен жылу мөлшері, квт;

$Q_{т.ж}$ – толық жанбаған кезінде кеткен отын жылуының бір бөлігі, квт;

$Q_{қал.}$ – жылу балансының құраушысымен ескерілмеген шығындарды анықтайтын жылу мөлшері, квт.

Абсолютті бірліктегі сыртқы жылу балансының теңдеуі болып табылады. Теңдеудің оң жақ бөлігі дизельді жетілдіру деңгейінің жұмыс үрдісі мен құрылысы бойынша айқындайтын құраушысы болып табылады. Дизельді қозғалтқыштардың салқындату сұйығынан кеткен жылуды жинақтау мақсатында теориялық негіздерді құру негізін құрайтын $Q_{с.о}$ және $Q_{п.г}$ жылуды пайдалану мүмкіндіктерін анықтап, дизельді қозғалтқыштардың жылулық тиімділігінің атқаратын оңтайлы шешімдерді құруға қол жеткіздік.

Жылу балансы теңдеуінің инженерлік есептеулерін жүргізген кезінде салыстырмалы бірлікте көрсетіледі:

$$q_e + q_{с.о} + q_m + q_{п.г} + q_{т.ж} + q_{қал.} = 100\%, \quad (6)$$

Мұнда: $q_e = \frac{Q_e}{Q_p} * 100$; $q_{п.г} = \frac{Q_{п.г}}{Q_p} * 100$

$q_{с.о} = \frac{Q_{с.о}}{Q_p} * 100$; $q_{т.ж} = \frac{Q_{т.ж}}{Q_p} * 100$

$q_m = \frac{Q_m}{Q_p} * 100$; $q_{қал.} = \frac{Q_{қал.}}{Q_p} * 100$

Қолданылатын жылу Q_p мына формуламен беріледі:

$$Q_p = H_u * G_t, \quad (7)$$

мұнда G_t – жанармайдың секундық шығыны, кг/с,

H_u – отынның жылу бөлу мүмкіндігі, қдж/кг.

Қозғалтқыштың эквивалентті тиімді жұмысының жылуы:

$$Q_e = N_e, \quad (8)$$

Цилиндр қабырғалары мен цилиндр блогының бас тиегі, поршень және поршень сақиналары арқылы салқындату сұйығынан алынған жылу мөлшері келес өрнекпен беруге болады:

$$Q_{c.o} = G_{c.o} * c_{c.o} (t_{шық} - t_{кір}), \quad (9)$$

мұнда: $G_{c.o}$ – қозғалтқыш арқылы өтетін салқындату сұйығының массалық шығыны, кг/с;

$c_{c.o}$ – салқындату сұйығының салыстырмалы жылу сыйымдылығы, қдж/(кг °С);

$t_{шық}, t_{кір}$ – қозғалтқышқа шыққан және кірген салқындатқыш сұйықтың температурасы, °С.

Қозғалтқыштан пайдаланылған газдар мен кеткен мөлшерін $Q_{п.г}$ келесідей өрнекпен беруге болады:

$$Q_{п.г} = G_t * [M_2 * (\mu_{c.p.g})t_{п.г} + M_1(\mu_{c.p.g})t_{ш.п}], \quad (10)$$

мұнда M_2, M_1 – жанған заттың және жаңа зарядтың жалпы өнімі 1 кг отын үшін, кмоль/кг;

$\mu_{c.p.g}, \mu_{c.p.g}$ – жанған заттың және жаңа зарядтың жалпы өнімі бойынша мольдік жылу сыйымдылығы, қдж/(кмоль °С);

$t_{п.г}, t_{ш.п}$ – құбырында өлшенген, пайдаланылған газ бен қозғалтқыш цилиндріндегі енгізу жүйесінде жаңа зарядтың температурасы, °С;

Дизельді қозғалтқыштар үшін $a > 1$ болғанда $Q_{қал.}$, ал $Q_{т.ж} = 0$, нолге тең болады немесе қалған мүшеге қосылады, өйткені өте көп мөлшерде шығындалады [4].

Жылу балансының құраушысымен ескерілмеген шығындарды анықтайтын қалған мүше:

$$Q_{қал.} = Q_p - (Q_e + Q_{c.o} + Q_m + Q_{п.г} + Q_{т.ж}), \quad (11)$$

Қазіргі таңдағы ғылыми-техникалық әдебиеттерде стандарттық климаттық жағдайдағы түрлі қозғалтқыштардың сыртқы жылулық балансты құраушылардың мәліметтері берілген. Кесте 1-де стандарттық климаттық жағдайдағы номиналды режимде дизельдің сыртқы жылулық балансын құраушысының мәндері көрсетілген.

Кесте 1. Стандартты климаттық жағдайдағы номиналды режимде дизельдің сыртқы жылулық балансын құраушысының мәндері (%)

Дизель түрі	Q_e	$Q_{c.o}$	Q_m	$Q_{п.г}$	$Q_{т.ж}$	$Q_{қал.}$
Наддувсыз	29-42	20-35	2-4	25-40	0-5	2-7
Біркелкі наддувпен	35-15	10-25	3-7	25-15	0-5	2-7
Жоғарғы наддувпен	40-18	10-18	4-8	20-40	0-7	2-5

3. Нәтижелер мен талқылау

Қоршаған ортаның төменгі температурасында дизельдің тиімді көрсеткіштерінің өзгерісі стандарттық климаттық жағдайдағы мәндерге байланысты екені байқалады. Сонымен қатар $Q_e = N_e(8)$ өрнегінің Q_e шамасына тең $\eta_e = Q_e$ болатын Пайдалы Әсер Коэффициентінің η_e өзгерісі жүреді. Сондықтан салыстырмалы бірліктегі сыртқы жылу баланс теңдеуінің қалған құраушылары мәндері жоғарғы 1-кестеде келтірілген. Берілген қорытынды анық екені мәлім, қоршаған ортаның төменгі температурасында нақты термодинамикалық циклдің өтуі елеулі ерекшеліктермен негізделген [5]. Дизельдің сыртқы жылулық балансының құраушысының мәндеріне сыртқы ортаның температурасы T_0 және оның жылулық режимі сипаттайтын салқындату жүйесінен шығатын салқындату сұйығының температурасы $T_{шығ.}$ әсер етеді. Сондықтан қозғалтқыштың эквивалентті тиімді жұмысының жылу бөлігі азаяды. Дизельдің температурасы мен жылулық режимінің өзгеруі жылулық балансының қайта бөлінуіне әкеліп соқтырады. 2 - кестеде жылу балансының құраушылары көрсетілген.

Кесте 2. Жылу балансының құраушылары

Жылу балансын құраушылар	$Q_{вт}$	$q, 100\%$
Қозғалтқыштың тиімді жұмысының эквивалентті жылу мөлшері	60800	27,4
Қозғалтқыштан пайдаланылғандар мен кеткен мөлшері	69620	31,5
Салқындату сұйығынан алынған жылу мөлшері	52360	23,8
Толық жанбаған кезіндегі кеткен отын жылуының бір бөлігі	9346	4,2
Жылу балансының құраушысымен ескерілмеген шығындарды анықтайтын қалған мүше	28986	13,1
Қозғалтқышқа енген отынның толық жылу мөлшері	221112	100,00

ЖА-ы салқындату сұйығымен толтырғаннан кейін, оның салқындауы байқалады. Салқындау жылдамдығына көптеген факторлар әсер етеді: жылу шоғырлаушы материалдың түрі, салқындау бетінің ауданы, жылу тасығыш массасы мен температурасы, сыртқы орта температурасы, жел жылдамдығы. Осындай факторлардың көптігі жылу аккумуляторының салқындау үрдісін зерттеу кезінде қиындықтар туғызады. Сондықтан жылу аккумуляторының салқындау уақытымен оған әсер ететін факторларлар арасындағы тәуелділіктердің анықтау мәселелері туындайды.

Салқындау үрдісі кезінде уақыттың Δt артқан сайын, температура 0-ге түсуге ұмтылады, яғни жылулық тепе-теңдіктің қоршаған ауа мен қол жеткізуі болып есептеледі. Барлық салқындау үрдісін үш кезеңге: тұрақсыз режим, тұрақты режим және стационарлық режим деп бөлуге болады. Біздің жағдайда тұрақсыз режимнің болмауына жылу аккумулятор материалдардың жылу физикалық сипаттамалары әртүрлі болады, сәйкесінше уақыттың бастапқы кезеңінде $\Delta t=0$ температура түсуі әртүрлі екенін көрсетеді. Жылу аккумулятордың салқындау үрдісінің тұрақсыз режимін ескермеуге болады, себебі зерттеулер нәтижесі бойынша ол қысқа мерзімді.

Тұрақты режим ($\tau > \tau_1$) бастапқы шарттар екінші кезекке түсіп, үрдіс толығымен салқындау жағдайының дене шегінде, дененің физикалық сипаттамаларында, оның геометриялық пішіні және өлшемдері анықталды.

Үшінші режим (стационарлық) жылу аккумуляторының барлық нүктелеріндегі температурасы қоршаған ортаның температурасына тең болатыны қарастырылудан шығарылып, шектік мән температурасынан төмен болатын ауаның теріс температурасындағы жылу аккумуляторының салқындауы температуралық күйден бас тартуға әкеледі және жұмыс жағдайына мүмкін болмайды.

Сондықтан дизельдің іске қосу дайындығының «іріктемелі» критеріін эксперимент іс жүзінде қолданған абзал, ал қарастырылатын жағдайдағы дизельдің жылудық күйін сипаттау үшін оның температурасы бойынша орташа көлем шамасын енгізсек, $T_{қоз}$, уақыт бойынша өзгереді, яғни:

$$T_{қоз} = T_{қоз}(\tau) [5].$$

Қозғалтқыштың орташа температурасын келесі формуламен анықтаймыз:

$$T_{қоз.орт.} = \frac{T_{сал.} + T_{ыст.}}{2}, \quad (12)$$

мұнда $T_{сал.}$ - қозғалтқыштың салқын нүктесінің температурасы, К;

$T_{ыст.}$ - қозғалтқыштың ыстық нүктесінің температурасы, К.

Қоршаған ортаның төменгі температурасы, дизельді іске қосу кезінде оның ыстық нүктесі блоктың бас тиегі және цилиндр блогының жоғарғы бөлігі болып есептелінеді - $T_{ыст.} = 80^\circ\text{C} = 353\text{K}$. Дизельдің бірқалыпсыз жылуына байланысты, оның салқын нүктесіндегі температураны $T_0 - ге$ тең деп аламыз. Дизельдің іске қосу дайындығының жалпылама критеріне оның қызуының соңғы температурасы $T_{қоз} = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$ тең болады. Сондай-ақ, қозғалтқыштың орташа температурасы $T_{қоз}$ және оның қабырғасының температурасы $T_{қоз.қ}$ шамасы бойынша бір-біріне тең болады, сондықтан $T_{қоз} = T_{қоз.қ}$ деп жорамалдаймыз [5].

Дизельдің жылу сыйымдылығын жеке массасының жылу сыйымдылығы ретінде есептелінеді:

$$C_{қоз.} = M_{мет.} \cdot C_{мет.} + M_{м.} \cdot C_{м.} + M_{с.} \cdot C_{с.}, \quad (13)$$

Мұнда: $C_{қоз.}$ - қозғалтқыш жылу сыйымдылығы, Дж/К;

$C_{мет.}$ - металлдан жасалған дизельдің салыстырмалы жылу сыйымдылығы, Дж/(кг К);

$C_{м.}$ - дизельде орналасқан майдың жылу сыйымдылығы, Дж/(кг К);

$C_{с.}$ - дизельде орналасқан сұйық жылу тасығыштың жылу сыйымдылығы, Дж/(кг К);

$M_{мет.}, M_{м.}, M_{с.}$ - дизельдің сұйық жылу тасығыш пен майсыз массалары, кг.

Жылу аккумуляторының қозғалтқышты қыздыруға жұмсалатын жылу мөлшері $Q_{қ.қ}$; жылу аккумуляторының қоршаған ортаға шығындайтын жылу мөлшерінің $Q_{а.о}$, қоршаған ортаға бөлінген жылу қуаты $Q_{қ.о}$, қозғалтқышты қыздырудағы жылу аккумуляторының қоршаған ортаға шығындайтын жылу мөлшері $Q_{қ.о}$ келесі формуламен анықталады [6]:

$$Q_{к,к} = \frac{1}{2} G_v \rho_c C_{ж} \left\{ \sum_{\tau=1}^{\tau=m} [T_{кпр.}(\tau_{i+1}) + T_{кпр.}(\tau_i)] \Delta\tau_i - \sum_{\tau=1}^{\tau=m} [T_{шығ.}(\tau_{i+1}) + T_{шығ.}(\tau_i)] \Delta\tau_i - [T_{шығ.}(\tau_{i+1}) + T_{шығ.}(\tau_i)] \Delta\tau_i \right\} \quad (14)$$

мұнда: G_v - жиналған жылу кезіндегі сұйықтың көлемдік шығыны, м³/с;

ρ_c - сұйықтың тығыздығы, кг/м³;

$C_{ж}$ - сұйықтың салыстырмалы жылу сыйымдылығы, кДж/(кг °С);

$T_{кпр.}, T_{шығ.}$ - жылу аккумуляторына енген және шыққан сұйықтың температурасы, °С;

m - уақыт интервал саны $\Delta\tau_i = \tau_{i+1} - \tau_i$

Жылу аккумуляторының қоршаған ортаға шығындайтын жылу мөлшері $Q_{а,о}$ келесі формуламен беріледі:

$$Q_{а,о} = C_{ж} V_{шк.} \rho_c (T_{кпр.} - T_{шығ.}), \quad (15)$$

мұнда: $V_{шк.}$ - ЖА ішкі көлемі, м³,

$T_{кпр.}, T_{шығ.}$ - ЖА-на енген және шыққан сұйықтың температурасы, °С

$$q_{а,о} = \frac{Q_{а,о}}{\tau_{а,о}}, \quad (16)$$

мұнда: $\tau_{а,о}$ - қоршаған ортаға жылудың кеткен уақыты, с.

Қозғалтқышты қыздырудағы жылу аккумуляторының қоршаған ортаға шығындайтын жылу мөлшері $Q_{к,о}$ келесі алынған формулалармен анықталады [5]:

$$Q_{к,о} = \frac{1}{2} G'_v \rho_c C_{ж} \left\{ \sum_{\tau=1}^{\tau=m} [T_{шығ.}(\tau_{i+1}) + T_{шығ.}(\tau_i)] \Delta\tau_i - \sum_{\tau=1}^{\tau=m} [T_{кпр.}(\tau_{i+1}) + T_{кпр.}(\tau_i)] \Delta\tau_i - [T_{шығ.}(\tau_{i+1}) + T_{шығ.}(\tau_i)] \Delta\tau_i \right\} \quad (17)$$

Мұнда: G'_v - ортаға кеткен сұйықтың көлемдік шығыны, м³/с;

$$q_{к,к} = \frac{Q_{к,к}}{\tau_{к,к}}, \quad (18)$$

Келесі 3-кестеде қозғалтқышты қыздыру бойынша ЖА түрлендіретін жылу мөлшерлері берілген.

Кесте 3. Болжам арқылы алынған өлшемдер бойынша қозғалтқышты қыздыру ЖА түрленетін жылу көлемдері [5,6,7].

Жылу тасығыш түрі	Су	Антифриз
$G_{c,v}, \text{м}^3/\text{с}(\text{л}/\text{мин})$ минималды максималды		0,000167(10) 0,000333(10)
$C_{ж}, \text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$	4,195	2,093
$\rho_c, \text{кг}/\text{м}^3$	971,8	901,54
$T_{\text{кір}}, \text{K}(^\circ\text{C})$ минималды максималды		353(80) 363(90)
$T_{\text{шығ}}, \text{K}(^\circ\text{C})$ минималды максималды		351(78)
$\tau, \text{с}(\text{мин})$		2100(35)
$Q_{\text{қ.қ}}, \text{кДж}$ минималды максималды	2859 34210	1323 15834

4. Қорытынды

Қозғалтқышты іске қосудағы жылудың тұрақтануы жайлы теориялық зерттеу бойынша анықталған қорытынды:

- Изоляциялық материалдардың типі, оның қолжетімдігі қарастырылды;
- Қоршаған ортаның температурасына байланысты материалдардың керекті қалыңдығын, пішінін таңдауға болатыны анықталды;
- Төменгі температурада ДЖҚ-ның бірінші іске қосуына уақытын және эксплуатациялық материалдардың шығынын төмендетуге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Косенков И.А. Көлік құралдарының іштен жанатын қозғалтқыштарын іске қосуға дейін дайындау жүйелеріне қойылатын талаптар // П.В. Дружинин, А.А; Коричев, И.А. Косенков. Мотор құрылысы, Санкт-Петербург, №4, 2009. – 15 б.
2. Боровских А.М. Төмен температурада орман шаруашылығы көліктерінің дизельдік қозғалтқыштарын іске қосу мүмкіндігін зерттеу, Екатеринбург: Монография, 2008 ж.
3. Карнаухов Х.Н., Бахмат Г.В., Конев В.В. Жылу аккумуляторының параметрлерін оңтайландыру.//abs. есеп беру «Интерстроймех 2001» халықаралық ғылыми-техникалық кешені. Петербург: СПбГТУ, 2001. – б.
4. Конев В.В., Бахмат Г.В. Жылу аккумуляторын салқындату процесін модельдеу. // университетаралық. Сенбі. ғылыми «Көлік және технологиялық машиналарға қызмет көрсету, техникалық пайдалану». Түмен: Түмен мемлекеттік университеті, 2001. – 128–131 б.
5. Шароглазов, Б.А. Іштен жану қозғалтқыштары: процестер теориясы, модельдеу және есептеу: «Іштен жанатын қозғалтқыштардағы жұмыс процестерінің теориясы және процестерді модельдеу» курсына арналған оқу құралы / А. Шароглазов, М.Ф. Фарафонов, В.В. Клементьев. - Челябинск: Ред. SUSU, 2004. – 344 б.

6. Есен М.Терман. Жылу сорғысы арқылы кеңістікті жылыту үшін пайдаланылатын күн энергиясын пайдаланатын жасырын жылу аккумуляторының сипаттамалары // Күн энергиясы. Т.69.– Н 1. 2004. – 15–25 б.

7. Ибрахим Динсир, Марк А.Розен. Жылу энергиясын сақтау: жүйелер және қолданбалар./ Онтарио университеті. Канада. 2-ші басылым, 2011 ж. қараңыз.

8. Феликс Регин, С.С. Соланки, Дж.С. Белгі. РСМ капсулалары арқылы кеш оралған жылу энергиясын сақтау жүйесін талдау: сандық зерттеу / Жаңғыртылатын энергия механикасы және өнеркәсіптік инженерия бөлімі, Үндістан технологиялық институты, Рурк, БА, Үндістан, 2009. – 1765–1773 б.

А.У. Байдуллаева¹, А.Н. Аманбек², А.Б. Абдрахманов¹, К.Т. Шеров¹,
Г.К. Каленов¹, Б.Т. Оразалиев¹

¹Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

²Научно-исследовательский проектный институт «Астанагенплан», Астана, Казахстан

Теоретические исследования рабочего процесса тепловых аккумуляторов, облегчающих запуск двигателей транспортных средств

Аннотация. Более низкая температура окружающей среды приводит к ухудшению некоторых характеристик двигателя, к снижению долговечности деталей. Поэтому основная актуальность научно-исследовательской работы: проектирование теплоаккумулятора способами хранения тепловой энергии, использование тепла в производственном цикле, подбор необходимых эффективных материалов и его усовершенствование являются актуальными. С этой точки зрения, благодаря уменьшению затрат на эксплуатацию агрегата и подготовку двигателей, достигнуто повышение производительности автомобиля и характеристик двигателя автомобиля. В этой работе количество теплоты, используемое тепловым аккумулятором для нагрева двигателя, определяли количество теплоты, потребляемой тепловым аккумулятором в окружающую среду, отдаваемую в окружающую среду тепловую мощность, количество теплоты, потребляемой тепловым аккумулятором в окружающую среду при прогреве двигателя.

Ключевые слова: тепловой аккумулятор, количество тепла, более низкая температура окружающей среды.

A. Baidullayeva¹, A. Amanbek², A. Abdrakhmanov¹, K. Sherov¹, G. Kalenov¹, B. Orazaliyev¹

¹S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University, Astana, Kazakhstan

²Scientific-Research Design Institute «Astangenplan», Astana, Kazakhstan

Theoretical study of the working process of thermal accumulators facilitating the start of vehicle engines

Abstract. A lower ambient temperature leads to a deterioration in some engine characteristics, to a decrease in the durability of parts. Therefore, the main relevance of research work: the design of a heat accumulator by methods of storing thermal energy, the use of heat in the production cycle, the selection of the necessary effective materials and its improvement are relevant. From this point of view, by reducing the cost of operating the unit and preparing engines, an increase in vehicle performance and vehicle engine performance has been achieved. In this work, the amount of heat used by the heat accumulator to heat the engine was determined by the amount of heat consumed by the heat accumulator into the environment, the thermal power released into the environment, the amount of heat consumed by the heat accumulator into the environment when the engine warms up.

Keywords: thermal accumulator, amount of heat, lower ambient temperature.

References

1. Kosenkov I.A. Requirements for the systems of pre-launch preparation of internal combustion engines of vehicles // P.V. Druzhinin, A.A; Korichev, I.A. Kosenkov. Engine building, St. Petersburg, No. 4, 2009. – 15 p.
2. Borovskikh A.M. Study of the possibility of facilitating the start of diesel engines for forestry vehicles at low temperatures. Ekaterinburg: Monograph, 2008.
3. Karnaukhov H.N., Bakhmat G.V., Konev V.V. Optimization of the parameters of the heat accumulator.//abs. report international scientific and technical complex "Interstroyekh 2001". Petersburg: SPbGTU, 2001. – 145 p.
4. Konev V.V., Bakhmat G.V. Simulation of the process of cooling the heat accumulator. // interuniversity. Sat. scientific "Service, technical operation of transport and technological machines". Tyumen: Tyumen State University, 2001. – 128–131 p.
5. Sharoglazov, B.A. Internal combustion engines: theory, modeling and calculation of processes: A textbook for the course "Theory of work processes and modeling of processes in internal combustion engines / A. Sharoglazov, M.F. Farafontov, V.V. Klementiev. - Chelyabinsk: Ed. SUSU, 2004. – 344 p.
6. Esen M. Therman performance of a solar- aided latent heat store used for space heating by heat pump // Solar Energy. V.69.– N 1. 2004. – 15–25 p.
7. Dinceer I., Rosen M.A. Thermal energy storage: systems and applications./ University of Ontario.Canada. 2nd ed.p.cm., 2011.
8. Regin F., Solanki S.C., Saini J.S. An analysis of a packed bed late heat thermal energy storge system using PCM capsules: numerical investigation/ Renewable Energy Mechanical and Industrial Engineering Department, Indian Institute of Technology Roorke, UA, India, 2009. – 1765–1773 p.

Авторлар туралы мәліметтер:

А.У. Байдуллаева – докторант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

А.Н. Аманбек – маман, «Астанангенплан» ғылыми-зерттеу жобалау институты» ЖШС, Әзірбайжан Мамбетов көшесі, 22, Астана, Қазақстан.

А.Б. Абдрахманов – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

К.Т. Шеров – техника ғылымдарының докторы, профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

Ғ.К. Каленов – техника ғылымдарының кандидаты, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

Б.Т. Оразалиев – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даңғ., 62, Астана, Қазақстан.

A. Baidullayeva – PhD student, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

A. Amanbek –Specialist, Scientific-Research Design Institute «Astanagenplan» LLP, 22 Azerbaijan Mambetov str., Astana, Kazakhstan.

A. Abdrakhmanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

K. Sherov – Doctor of Technical Sciences, Professor, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

G. Kalenov – Candidate of Technical Sciences, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

B. Orazaliyev – Candidate of Technical Sciences, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

А.У. Байдуллаева – докторант, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

А.Н. Аманбек – специалист, ТОО «Научно-исследовательский проектный институт «Астанагенплан», ул. Азербайжан Мамбетова, 22, Астана, Казахстан.

А.Б. Абдрахманов – кандидат технических наук, доцент, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

К.Т. Шеров – доктор технических наук, профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

Ғ.К. Каленов – кандидат технических наук, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

Б.Т. Оразалиев – кандидат технических наук, доцент, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

U. Akishev¹, B. Issakulov^{2*}, M. Imangazin³, B. Sarsenbayev⁴, J.S. Dhanya⁵

¹Kazakh-Russian International University, Aktobe, Kazakhstan

²Baishev University, Aktobe, Kazakhstan

³K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan

⁴M. Auezov South-Kazakhstan University, Shymkent Kazakhstan

⁵Indian Institute of Technology Madras, Chennai, India

E-mail: *mr.baizak@mail.ru

Improvement of methods for analyzing and forecasting industrial injuries in the electric workshop of the Don Mining and Processing Plant of the Republic of Kazakhstan

Abstract. *The article deals with the issues of injury research at the enterprises of the electric power industry of the CIS countries and Kazakhstan. The study of the causes of injuries and ways to solve them at enterprises and industries of the mining, oil-gas and construction sectors has attracted a lot of attention of researchers in recent years and the study of this issue is also relevant in the western regions of Kazakhstan.*

The methodological basis of the study was the modern provisions of the theory and practice on occupational safety and health, injuries at enterprises and industries of the mining, oil and gas and construction sectors, as well as at enterprises of the electric power industry of Kazakhstan.

According to the results of the study, it was also determined that the most common cause of accidents is a violation of safety and labor protection rules, unsatisfactory organization of work production. The study of the circumstances of accidents and the identification of their causes makes it possible to develop preventive measures that prevent the recurrence of emergencies. The obtained results of the study can be used at the enterprises of the electric power industry of the CIS countries and Kazakhstan.

Keywords: *electric power industry, danger, risk, accident, injury, electrical shop, statistical method.*

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-248-259

1. Introduction

Due to the rapid growth of the development of mining and processing, oil and gas and construction industries in the CIS countries and including the regions of Kazakhstan, it requires a very responsible approach to occupational health and safety in enterprises.

The study of the causes of injuries and the ways to solve them at the enterprises of the mining, oil and gas and construction sector has attracted much attention of scientists from CIS countries and abroad in recent years, as well as the study of this issue is relevant in the facilities of the power grid economy of Kazakhstan.

In recent years, much attention of scientists has been attracted by research on accidents at power plants with an installed capacity of 25 MW or more and at the facilities of the electric grid of grid companies and large consumers of electricity, which has a great impact on the work of metallurgical, mining and processing and petrochemical enterprises [1-25].

Various statistical data on accidents in the electric power industry as a whole are contained in the works of [2-21] and other authors.

Data on accidents at power plants and at power grid facilities of grid companies and large consumers of electricity were analyzed using the example of the Russian power system (Fig. 1).

It should be noted that the number of accidents at electric power facilities tends to decrease. However, the number of accidents in most joint-stock companies of generating companies is in the hundreds, and in joint-stock companies of the electric grid economy is in the thousands. Statistical data on accidents in the electric power industry were taken from the works [3-20].

Among the injury indicators that were widely used back in the USSR, there was an indicator of the number of fatal accidents per ton of coal mined. If we consider the electric power industry, then a similar indicator could be the ratio of the number of fatal accidents associated with the production and transmission of electric energy per 1 TW (1TWT = 1012W) of energy consumed.

Data on occupational injuries were taken from sources and works [8-12]. For 2014-2019, i.e. for 6 years, electricity consumption in Russia has hardly changed, the total number of accidents during the production and transmission of electric energy has changed significantly, but the number of fatal accidents, most of which occur in electric grid enterprises and are associated with the impact of electric current, has hardly changed.

Thus, this indicator can be used as an indicator indicating the need to use innovative technical means to ensure the safety of employees at a qualitatively higher level.

The greatest number of injuries occurs in electrical networks. A significant number of them, 20% or more, occurs due to the impact of an electric current and (or) an electric arc on the victim (Fig. 1).

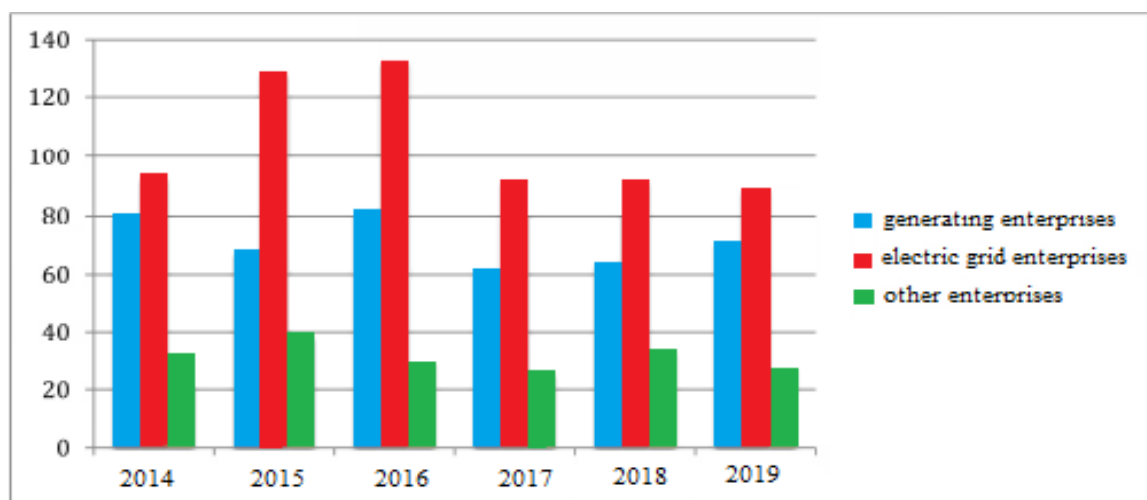


Figure 1. Dynamics of injuries in the Russian electric power industry

The largest number of victims are men and women aged 50 to 59 years, who have more than 10 years of professional experience and are workers in the main professions of electric grid enterprises (Fig. 2, 3).

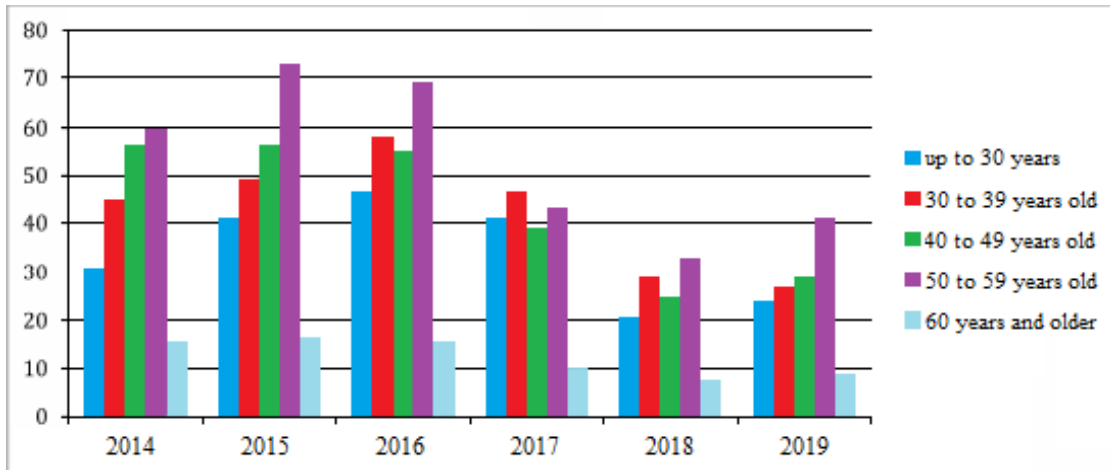


Figure 2. Dynamics of injuries by age in the Russian electric power industry

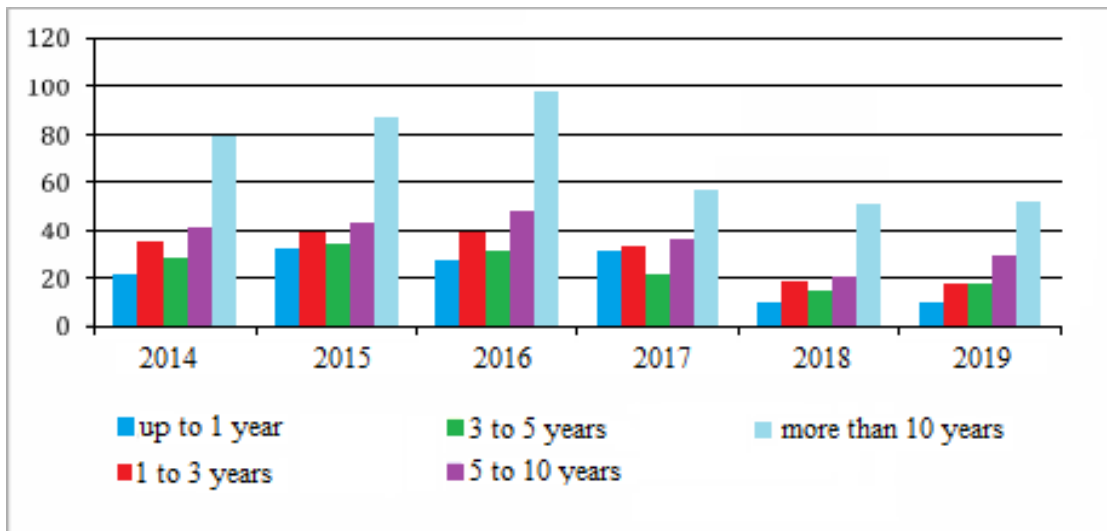


Figure 3. Dynamics of injuries depending on the length of work by profession of victims in the Russian electric power industry

This category of workers was injured during repair work or operational maintenance. All employees passed introductory, repeated and targeted briefings, most of the victims of electric current had the 3rd or higher electrical safety group.

This state of affairs leads to the idea of the need to introduce innovative technical means to minimize personnel errors and thereby significantly reduce the number of possible accidents. It is possible to reduce the number of accidents due to special training of employees of electric power enterprises. The program of such training should be developed for each specific joint-stock company, taking into account the frequency of accidents due to improper actions of personnel.

It should be noted that for decades most of the group, severe and fatal accidents occurred in electrical installations due to an insufficient level of organizational and operational characteristics [10-14].

These reasons indicate the presence of serious shortcomings in the work of managers at all levels of management of a number of subjects of the electric power industry responsible for the fulfillment by workers of the requirements of norms and rules of labor protection.

Therefore, we have proposed a new method for calculating the occupational risk reduction program, providing an optimal set of preventive measures and optimal timing of their

implementation, using the data of workplace certification according to working conditions as well as the results of the analysis and assessment of occupational risk for employees of the mining industry. Using the proposed recommendations for optimal planning of control actions to reduce occupational risk in organizations and enterprises of the mining industry, which are based on an integrated approach that takes into account both harmful and hazardous production factors, provides the possibility of more effective planning of all types of activities aimed at reducing occupational risk.

2. Methods and Materials

In this paper, the object of the study is the persons affected by industrial injuries in the electric workshop of the Don Mining and Processing Plant of the Aktobe region of Kazakhstan for the period from 2014 to 2019 inclusive. In all cases, the monitoring unit was the workers of the Don Mining and Processing Plant who were injured during the calendar year. The research, analysis and processing of the results were carried out on the basis of the educational institution "Kazakh-Russian International University".

The total volume of the studied material for clarity and the results of statistical data on industrial injuries in the electric workshop of the Don Mining and Processing Plant are shown in Table 1.

Table 1. Indicators of industrial injuries in the electric workshop of the Don Mining and Processing Plant in the period from 2014 to 2019

Item No.	Indicator name	years					
		2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	The average number of employees in the electrical shop during the study period	137	138	140	141	142	143
2	The number of victims of accidents at work with disability for one day or more, people.			1	1		1
3	The number of accidents in total including:	1		1	1		1
	with a mild outcome			1	1		1
	with a fatal outcome	1					

The Don Mining and Processing Plant has developed and operates a "General Classifier by types of identified hazards", according to which an identified number is assigned to each type of hazard. The types of hazards that may be the causes of accidents are included. The classifier is presented in Table 2.

Table 2. General classifier by types of identified hazards

Danger code	Name of the hazard
01	Traffic (automobile, railway)
02	Height
03	Falling, collapse, collapses of objects, materials, rock mass, etc.
04	Moving, flying, rotating objects and parts
05	Extreme temperatures
06	Electric current
07	Harmful substances (dust, gas, chemicals)
08	Ionizing radiation
09	Physical overload
10	Neuropsychic stress
11	Contact with animals and insects
12	Drowning
13	Unintentional murder
14	Natural disasters
15	Falling (uneven and slippery surfaces)
16	Unauthorized explosions of explosives during blasting operations
17	Formation of explosive mixtures
18	Vibration and noise
19	Fires
20	Accidents of a natural nature
21	Man-made accidents
22	Hazards, other than those listed, characteristic of the mining industry
23	Other

To study mortality from non-occupational injuries, the section of the electronic card on injury outcomes was selectively filled in. During the study period, 3 cases of disability at work, 4 accidents and 1 fatal case were registered.

The following research methods are used in the work: statistical, comparative analysis, content analysis of regulatory documentation, modeling.

To study mortality from non-occupational injuries, the section of the electronic card on injury outcomes was selectively filled in. To determine the most injury-prone areas, we used a statistical method, and a quantitative assessment of the risk of danger was determined using the Kinney method. To quantify the risks in the electric workshop of the Don Mining and Processing Plant, the Kinney method described in [21] was used. According to which we calculated a potentially dangerous situation, indicated by the risk according index R to i classifier, according to the following formula:

$$R_i = P_i \cdot E_i \cdot G_i,$$

where, P_i is an indicator of the probability of a dangerous event; E_i is an indicator of the frequency of risk exposure; G_i is an indicator of the severity of damage caused by the consequences of a dangerous event.

The assessment of risk indicators R_i for various analyzed hazardous situations is carried out by assigning a score to each of the above parameters, and the corresponding numerical values determined in Tables 3, 4, 5 below.

According to the methodology, according to Tables 1 and 3, we will determine the number of accidents (DNA_i) for the main of the identified hazards, for this we will analyze statistical data on 4 accidents among the staff of electrical shop workers for the period from 2011 to 2016

Table 3 provides data from which the following dangerous events can be distinguished: - No. 6 (exposure to electric current) - 4 cases (1 fatal).

Having analyzed the data on accidents in the electrical shop for the period from 2014 to 2019, we can say that the main danger for the manifestation of injuries at work is a dangerous event No. 6 from the classifier - electric shock. There are 4 cases of this danger.

Table 3. Information on the types of injuries that occurred in the electrical shop in the period from 2014 to 2019

Item No.	Date	Profession	Type of incident
1	11.10.16	Conveyor operator	6
2	22.04.17	Electrician on duty and equipment repair	6
3	19.07.18	Electrician on duty and equipment repair	6
4	16.08.19	Electrician on duty and equipment repair	6

The calculation will be carried out on dangerous event No. 6. The total number of accidents according to hazard No. 6 will be ANA = 4.

The average number of accidents (ANA) per year,

$$ANA = \frac{NAA}{4},$$

where, T is the reporting study period of 6 years.

$$ANA = \frac{NAA}{4} = \frac{4}{6} = 0,67$$

The expected frequency of occurrence of the event (FOE) is determined by the formula:

$$FOE = \frac{ANA}{n},$$

where, n is the average number of employees in the electrical shop for the study period

$$FOE = \frac{ANA}{n} = \frac{0,67}{140} = 0,005$$

P – the indicator of the probability of a possible dangerous event occurring is determined according to Table 4.

Table 4. Indicator of the probability of a possible dangerous event P

ANA	Name	Scores
> 1 year ⁻¹	High degree of probability	10
1 – 1 • 10 ⁻² year ⁻¹	Average degree of probability	6
1 • 10 ⁻² - 1 • 10 ⁻⁴ year ⁻¹	Not always, but maybe	3
1 • 10 ⁻⁴ - 1 • 10 ⁻⁵ year ⁻¹	Low probability	1
1 • 10 ⁻⁵ - 1 • 10 ⁻⁶ year ⁻¹	Incredibly, but it is impossible to completely exclude the possibility	0,5
1 • 10 ⁻⁵ - 1 • 10 ⁻⁷ year ⁻¹	Almost impossible	0,2
1 • 10 ⁻⁷ - 1 • 10 ⁻⁸ year ⁻¹	Virtually impossible	0,1

E is an indicator of the frequency of risk exposure, determined in points from Table 5.

Table 5. Indicators of the frequency of exposure to risk E

Name	Scores
Constantly (at least once an hour)	10
Often (at least once a day)	6
Sometimes (at least once a week)	3
Not constantly (at least once a month)	2
Rarely (several times a year)	1
Very rarely (less than once a year)	0,5

G – the severity of the damage caused by the consequences of a dangerous event is determined in points from Table 6.

Table 6. Damage severity index G

Name	Scores
Tragic consequences (death of several people)	100
Very serious consequences (death of one person)	40
Severe consequences (permanent disability)	15
Significant consequences (temporary disability)	7
Mild consequences (ambulance call)	3
Microtrauma (without disability)	1

According to Table 3, the value of P at PTS = 0.005 corresponds to the value of P = 3 points (not always, but possible).

3. Results and Discussion

Based on the actual statistical data of the number of accidents for this dangerous event, we will determine E. During the study period, 4 cases were identified for event No. 6, which is 0.67 cases per year. This value corresponds to the column in Table 4 - Very rarely (less than once a year), then the value of E = 0.5 points.

According to Table 5, we determine the severity of the consequences of dangerous event No. 6, then G = 7 points, which corresponds to the column - Significant consequences (temporary disability). If the risk index calculated according to this formula does not exceed 50, then the risk is considered acceptable. Based on the data obtained, we calculate:

$R = 3 \times 0.5 \times 7 = 10.5 < 50$. Thus, the risk level is acceptable.

According to the Kinney method, a quantitative assessment of the risk of danger was established. We have established that the most traumatic profession is an electrician on duty and equipment repair.

According to the analysis of injuries, we also found that the distribution of accidents due to the causes of occurrence in the Donskoy GOK electrical workshop for the period 2014-2019 shows that most accidents occur due to violations of safety and labor protection rules.

The occurrence of an emergency in an electrical shop, including with human casualties, is an extremely rare event, the level of risk in an electrical shop can be considered acceptable.

As additional measures to reduce the potential risks of industrial injuries, we recommend the subjects of the electric power industry:

- to improve the quality of staff briefings regarding the use of personal and collective protective equipment by employees, as well as the quality of training in safe methods and skills of performing work;

- ensure the proper quality of labor protection instructions and other production documentation;
- strengthen control over the organization of work by managers at all levels of management and supervision of workers during the execution of work;
- optimize the number and types of work, reducing as much as possible the number of jobs that are not the main ones for employees. At the same time, in case of an urgent need for such work, it is necessary to ensure the safety of employees and continuous monitoring by designated responsible persons.

4. Conclusion

Injuries at the enterprise are directly related to the level of labor organization, compliance with the norms and rules of work in electrical installations. Traumatism depends on the personality of the worker, his mental and physical condition, his reaction to emergency situations, a tendency to unsafe methods of work. It is necessary not only to prevent risks, but also to pay attention to the composition of the staff, take into account the specifics of the work at the planning stage, introduce innovative devices that help the employee in difficult situations and ensure control over the correctness of the actions performed by him. The obtained results of the study can be used at the enterprises of the electric power industry of the CIS countries and Kazakhstan.

References

1. Динамика потребления электроэнергии как индикатор экономической активности // Бюллетень социально-экономического кризиса в России. 2016. – 19 с. – <http://ac.gov.ru/files/publication/a/7945.pdf> (дата обращения:08.2020)
2. Путин: электромобили уступают в экологичности газомоторному транспорту.- <https://tass.ru/ekonomika/4616359> (дата обращения:09.2021)
3. Потребление электроэнергии в ЕЭС России в 2017 году увеличилось на 1.3 % по сравнению с 2016 годом. - <https://minenergo.gov.ru/node/10277>. (дата обращения:06.2020)
4. Аварийность на объектах электроэнергетики за 2014 г <https://minenergo.gov.ru/node/267> (дата обращения:12.2020)
5. Аварийность на объектах электроэнергетики ЕЭС России за декабрь 2015 года. - <https://minenergo.gov.ru/node/267> (дата обращения:11.2020)
6. Аварийность на объектах электроэнергетики ЕЭС России за декабрь 2016 года. - <https://minenergo.gov.ru/node/267> (дата обращения:10.2021)
7. Аварийность на объектах электроэнергетики ЕЭС России за декабрь 2017 года. - <https://minenergo.gov.ru/node/267> (дата обращения:05.2021)
8. Итоговый отчет о производственном травматизме в 2015 г. <https://minenergo.gov.ru/node/272> (дата обращения:09.2019)
9. Информационно-аналитическая справка по травматизму за 1-е полугодие 2016 года.- <https://minenergo.gov.ru/node/272> (дата обращения:07.2020)
10. Информационно-аналитическая сп/ювка по травматизму за 2-е полугодие 2016 года.- <https://minenergo.gov.ru/node/272> (дата обращения:04.2021)
11. Информационно-аналитическая справка по травматизму за 1-е полугодие 2017 года. - <https://minenergo.gov.ru/node/272> (дата обращения:06.2020)
12. Информационно-аналитическая справка по травматизму за 2-е полугодие 2017 года. - <https://minenergo.gov.ru/node/272> (дата обращения:07.2020)
13. Еремина Т. В. Анализ электротравматизма на объектах электроэнергетики /ТВ. Еремина. А.Ф. Калинин. А.Л. Гармаев // Вестник ВСГУТУ. – 2016. – № 3. С. 28–31.
14. Бухтояров В.Ф. Оценка соответствия предупредительных мероприятий причинам производственного электротравматизма / В.Ф. Бухтояров. Т.Н. Акулова. В.В Орешков // Сборник научных работ преподавателей Челябинского института путей сообщения / под

ред. В.Л. Федяева: Филиал Урал. гос. ун-та путей сообщения. Челяб. ин-т путей сообщения. Челябинск, 2004. С. 120–128.

15. Precise haptic device co-location for haptic augmented reality / U. Eck, F. Pankratz, C. Sandor et al. // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. – 2015. – No. 7521 (12). – P. 1427–1441.

16. ARTab - using virtual and augmented reality methods for an improved situation awareness for telemaintenance / D. Aschenbrenner, N. Maltry, J. Kimmel et al. // IFAC PapersOnLine. – 2016. – No. 49 (30). – P. 204–209.

17. Combining visual natural markers and IMU for improved AR based indoor navigation / M. Neges, C. Koch, M. Konig, M. Abramovici // Advanced Engineering Informatics. – 2017. – No. 31. – P. 18–31.

18. Natural interaction for online documentation in industrial maintenance / M. Fiorentino, A.E. Uva, G. Monno, R. Radkowski // International Journal of Computer Aided Engineering and Technology. – 2016. – No. 8 (1-2). – P. 56–79.

19. A freeze-object interaction technique for handheld augmented reality systems / H. Arshad, S.A. Chowdhury, L.M. Chun et al. // Multimedia Tools and Applications. – 2016. – No. 75 (10). – P. 5819–5839.

20. Пирогова М.А. Дополненная реальность в системах промышленного интернета вещей: носимые устройства конечного пользователя / М.А.Пирогова, И.Е.Лешихина, В.А.Краюшкин // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2018. – № 2 (170). – С. 37–42.

21. Имангазин М.К. Анализ травматизма в ферросплавном производстве Республики Казахстан // Монография. Издательство LAP Lambert Academic Publishin. Saarbrücken. August, 2014, Deutschland/ Германия, 373с.

22. Sokolova Y., Akulova M., Isakulov B.R., Sokolova A., Isakulov A.B. The study of structure formation and mechanical strength properties of sulfur-containing woodcrete composites exposed to permanently acting loads. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 869 (3), 032005.

23. Isakulov B.R., Akulova M.V., Kulsharov B.B., Sartova A.M., Isakulov A.B. Formation of strength and phases of sequence of destruction of arbolite composites at various long loads. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 2020, 4(442), с. 28–34.

24. Isakulov B.R., Jumabayev M.D., Abdullaev H.T., Akishev U.K., Aymaganbetov M.N. Properties of slag-alkali binders based on industrial waste. 2019. Periodico Tche Quimica, 16 (32), P. 375–387.

25. Isakulov B.R., Dzhumabaev M.D., Abdullaev Kh.T., Konysbaeva Zh.O., Shalabaeva S.I. Detoxication and neutralization of toxic industrial waste components for production of sulfur-containing binding construction materials. International Journal of Engineering Research and Technology, 2020, 13(12), P. 4880–4884.

Ү.Қ. Акишев¹, Б.Р. Исакулов², М.К. Имангазин³, Б.К. Сарсенбаев⁴, Дж.С. Дания⁵

¹ *Казахско-Русский Международный университет, Ақтөбе, Қазақстан*

² *Баишев университеті, Ақтөбе, Қазақстан*

³ *Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан*

⁴ *М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан*

⁵ *Мадрас Үнді технологиялық университеті, Ченнай, Үндістан*

Талдау әдістерін жетілдіру және Қазақстан Республикасы Дөң тау – кен байыту комбинатының электр цехындағы өндірістік жарақаттануды болжау

Аңдатпа. Мақалада Қазақстан және ТМД елдерінің электр энергетикасы кәсіпорындарындағы жарақаттануды зерттеу мәселелері қарастырылады. Соңғы жылдары тау-кен, мұнай-газ және құрылыс салаларының кәсіпорындары салаларында жарақаттанудың себептері мен оларды шешу жолдарын зерделеу зерттеушілердің үлкен назарын аударды және бұл мәселені зерделеу Қазақстанның батыс өңірлерінде де өзекті.

Зерттеудің әдіснамалық негізі тау-кен, мұнай-газ және құрылыс секторларының кәсіпорындары мен өндірістерінде, сондай-ақ Қазақстанның электр энергетикасы кәсіпорындарында еңбекті қорғау, жарақаттану жөніндегі теория мен практиканың қазіргі заманғы ережелері болды.

Зерттеу нәтижелері бойынша жазатайым оқиғалардың ең көп тараған себебі еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау ережелерін бұзу, жұмыс өндірісін қанағаттанарлықсыз ұйымдастыру болып табылатыны анықталды. Апаттардың мән-жайларын зерттеу және олардың себептерін анықтау төтенше жағдайлардың қайталануын болдырмайтын алдын алу шараларын әзірлеуге мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері Қазақстан және ТМД елдерінің электр энергетикасы кәсіпорындарында пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: электр энергетикасы, қауіп, апат, жазатайым оқиға, жарақат, электр цехы, статистикалық әдіс.

У.К. Акишев¹, Б.Р. Исакулов², М.К. Имангазин³, Б.К. Сарсенбаев⁴, Дж.С. Дания⁵

¹Казахско-Российский международный университет, Актөбе, Қазақстан

²Баишев университет, Актөбе, Қазақстан

³Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актөбе, Қазақстан

⁴Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Қазақстан

⁵Мадрас Индийский технологический институт, Chennai, India

Совешенствования методов анализа и прогнозирования производственного травматизма в электроцехе Донского горно – обогатительного комбината Республики Казахстан

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы исследования травматизма на предприятиях электроэнергетики стран СНГ и Казахстана. Изучение причин травматизма и путей их решения на предприятиях и отраслях горнодобывающей, нефтегазовой и строительной отраслей в последние годы привлекло большое внимание исследователей, и изучение этого вопроса также актуально в западных регионах Казахстана.

Методологической основой исследования послужили современные положения теории и практики по охране труда, травматизму на предприятиях и производствах горнодобывающего, нефтегазового и строительного секторов, а также на предприятиях электроэнергетики Казахстана.

По результатам исследования также было определено, что наиболее частой причиной несчастных случаев является нарушение правил техники безопасности и охраны труда, неудовлетворительная организация производства работ. Изучение обстоятельств аварий и выявление их причин позволяет разработать превентивные меры, предотвращающие повторение чрезвычайных ситуаций. Полученные результаты исследования могут быть использованы на предприятиях электроэнергетики стран СНГ и Казахстана.

Keywords: электроэнергетика, опасность, риск, авария, несчастный случай, травма, электроцех, статистический метод.

References

1. Dinamika potrebleniya elektroenergii kak indikator ekonomicheskoy aktivnosti // Byulleten' social'no-ekonomicheskogo krizisa v Rossii. 2016. – 19 s. – <http://ac.gov.ru/files/publication/a/7945.pdf> (accessed:08.2020)
2. Putin: elektromobili ustupayut v ekologichnosti gazomotornomu transportu.- <https://tass.ru/ekonomika/4616359> (accessed:09.2021)
3. Potreblenie elektroenergii v EES Rossii v 2017 godu uvelichilos' na 1.3 % po sravneniyu s 2016 godom. - <https://minenergo.gov.ru/node/10277> (accessed:06.2020)
4. Avarijnost' na ob'ektah elektroenergetiki za 2014 g <https://minenergo.gov.ru/node/267> (accessed:12.2020)

5. Аварийность на об'ектах электроэнергетики ЕЭС России за декабрь 2015 года. - <https://minenergo.gov.ru/node/267> (accessed:11.2020)
6. Аварийность на об'ектах электроэнергетики ЕЭС России за декабрь 2016 года. - <https://minenergo.gov.ru/node/267> (accessed:10.2021)
7. Аварийность на об'ектах электроэнергетики ЕЭС России за декабрь 2017 года. - <https://minenergo.gov.ru/node/267> (accessed:05.2021)
8. Итоговый отчет о производственном травматизме в 2015 г. <https://minenergo.gov.ru/node/272> (accessed:09.2019)
9. Информационно-аналитическая справка по травматизму за 1-е полугодие 2016 года.- <https://minenergo.gov.ru/node/272> (accessed:07.2020)
10. Информационно-аналитическая справка по травматизму за 2-е полугодие 2016 года.- <https://minenergo.gov.ru/node/272> (accessed:04.2021)
11. Информационно-аналитическая справка по травматизму за 1-е полугодие 2017 года. - <https://minenergo.gov.ru/node/272> (accessed:06.2020)
12. Информационно-аналитическая справка по травматизму за 2-е полугодие 2017 года. - <https://minenergo.gov.ru/node/272> (accessed:07.2020)
13. Eremina. T. V. Analiz elektrotravmatizma na ob'ektah elektroenergetiki /TV. Eremina. A.F. Kalinin. A.L. Garmaev // Vestnik VSGUTU. – 2016. – № 3. S. 28–31.
14. Buhtoyarov. V.F. Ocenka sootvetstviya predupreditel'nyh meropriyatij prichinam proizvodstvennogo elektrotravmatizma / V.F. Buhtoyarov. T.N. Akulova. V.V. Oreshkov // Sbornik nauchnyh rabot prepodavatelej CHelyabinskogo instituta putej soobshcheniya / pod red. V.L. Fedyayeva: Filial Ural. gos. un-ta putej soobshcheniya. CHelyab. in-t putej soobshcheniya. CHelyabinsk, 2004. S. 120–128
15. Precise haptic device co-location for haptic augmented reality / U. Eck, F. Pankratz, C. Sandor et al. // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. – 2015. – No. 7521 (12). – P. 1427–1441.
16. ARTab - using virtual and augmented reality methods for an improved situation awareness for telemaintenance / D. Aschenbrenner, N. Maltry, J. Kimmel et al. // IFAC Papers On Line. – 2016. – No. 49 (30). – P. 204–209.
17. Combining visual natural markers and IMU for improved AR based indoor navigation / M. Neges, C. Koch. M. Konig, M. Abramovici // Advanced Engineering Informatics. – 2017. – No. 31. – P. 18–31.
18. Natural interaction for online documentation in industrial maintenance / M. Fiorentino, A.E. Uva, G. Monno, R. Radkowski // International Journal of Computer Aided Engineering and Technology. – 2016. – No. 8 (1-2). – P. 56–79.
19. A freeze-object interaction technique for handheld augmented reality systems / H. Arshad, S.A. Chowdhury, L.M. Chun et al. // Multimedia Tools and Applications. – 2016. – No. 75 (10). – P. 5819–5839.
20. Pirogova M.A. Dopolnennaya real'nost' v sistemah industrial'nogo interneta veshchej: nosimye ustrojstva konechnogo pol'zovatelya / M.A. Pirogova, I.E. Leshihina, V.A. Krayushkin // Informacionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve. – 2018. – № 2 (170). – S. 37–42.
21. Imangazin M.K. Analiz travmatizma v ferosplavnom proizvodstve Respubliki Kazahstan // Monografiya. Izdatel'stvo LAP Lambert Academic Publishin. Saarbruken. August, 2014, Deutschland/ Germaniya, 373s.
22. Sokolova, Y., Akulova, M., Isakulov, B.R., Sokolova, A., Isakulov, A.B. The study of structure formation and mechanical strength properties of sulfur-containing woodcrete composites exposed to permanently acting loads. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 869 (3), 032005.
23. Isakulov, B.R., Akulova, M.V., Kulsharov, B.B., Sartova, A.M., Isakulov, A.B. Formation of strength and phases of sequence of destruction of arbolite composites at various long loads. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 2020, 4(442), c. 28–34.
24. Isakulov, B.R., Jumabayev, M.D., Abdullaev, H.T., Akishev, U.K., Aymaganbetov, M.N. Properties of slag-alkali binders based on industrial waste. 2019. Periodico Tche Quimica, 16 (32), P. 375–387.

25. Isakulov, B.R., Dzhumabaev, M.D., Abdullaev, Kh.T., Konysbaeva, Zh.O., Shalabaeva, S.I. Detoxication and neutralization of toxic industrial waste components for production of sulfur-containing binding construction materials. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 2020, 13(12), P. 4880–4884.

Information about authors:

U. Akishev – Senior Lecturer, Kazakh-Russian International University, 52 Aiteke Bi str., Aktobe, Kazakhstan.

B. Issakulov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Baishev University, 302A Brothers Zhubanov str., Aktobe, Kazakhstan.

M. Imangazin – Candidate of Technical Sciences, Professor, K. Zhubanov Aktobe Regional University, 34A Moldagulova ave., Aktobe, Kazakhstan.

B. Sarsenbayev – Doctor of Technical Sciences, M. Auezov South Kazakhstan University, 5 Tauke Khan ave., Shymkent, Kazakhstan.

J.S. Dhanya – PhD, Lecturer, Indian University of Technology Madras, Site No. 435 and 436, Chennai, India.

У.К. Акишев – аға оқытушысы, Қазақ-Орыс Халықаралық университеті, Әйтеке би көш., 52, Ақтөбе, Қазақстан.

Б.Р. Исакулов – техника ғылымдарының докторы, профессор, Баишев университеті, Ағайынды Жұбановтар көш., 302А, Ақтөбе, Қазақстан.

М.К. Имангазин – техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, А. Молдағұлова даңғ., 34, Ақтөбе, Қазақстан.

Б.К. Сарсенбаев – техника ғылымдарының докторы, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тәуке хан даңғ., 5, Шымкент, Қазақстан.

Дж.С. Дания – PhD, оқытушы, Үнді технологиялық Мадрас университеті, № 435 және 436 бөлім, Ченнай, Үндістан.

У.К. Акишев – старший преподаватель, Казахско-Русский международный университет, ул. Айтеке би, 52, Ақтөбе, Казахстан.

Б.Р. Исакулов – доктор технических наук, профессор, Баишев университет, ул. Братьев Жубановых, 302А, Ақтөбе, Казахстан.

М.К. Имангазин – кандидат технических наук, профессор, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, пр. А. Молдагуловой, 34, Ақтөбе, Казахстан.

Б.К. Сарсенбаев – доктор технических наук, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, пр. Тауке-хана, 5, Шымкент, Казахстан.

Дж.С. Дания – PhD, преподаватель, Индийский технологический университет Мадрас, Участок № 435 и 436, Ченнай, Индия.

Г.Б. Толегенова*, А.Б. Закирова, А.В. Астанкевич

Астана Халықаралық университеті, Астана, Қазақстан
E-mail: *gulnaztolegenoova@mail.ru

Электр жүктемелерін болжау модельдері мен әдістері

Аңдатпа. Қазіргі уақытта электр жүктемелерін болжамдау маңызды міндет болып табылады. Болжамдар негізінде станциялардың жұмыс режимі, желінің конфигурациясы есептеледі, электр энергиясының тиімділігі мен сапасы бағаланады, жөндеу жұмыстарының кестесі есептеледі және т. б. Электр жүктемесін болжамдау электр энергиясын жоспарлаудағы маңызды процесс болып табылады және электр қуатын жоспарлау мен электр жүйелерін басқаруда шешуші рөл атқарады. Сондықтан электр жүктемесін болжау дәлдігі қуатты жоспарлау мен электр желісін басқаруда үлкен маңызға ие. Электр жүктемелерін болжамдау моделі, электрэнергетикалық жүйелермен басқару кезінде басқармалық шешімдерді қабылдаудағы алдын-ала болжау құралдарының бірі болып келеді. Бұл мақала электртұтынуды болжамдаудың түрлі модельдерін салыстырмалы зерттеу мен бағалаудан, құрудан тұрады. Болжамдауда келесі амалдар мен әдістер қаралды және талданды: нейрожелілік, нейро нақтылығы жоқ.

Түйін сөздер: нейрожелі, нейро нақтылығы жоқ желі, жүктеме, модель, болжамдау.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-260-268

Кіріспе

Басқару үшін, алдын-ала болжай алу қажет. Электрэнергетикалық жүйелермен (ЭЭЖ) басқару кезінде басқармалық шешімдерді қабылдау үшін алдын-ала болжау құралдарының бірімен-электр және жылу жүктемелерін болжамдау болып келеді. Электрэнергия өндірушілеріне операциялық шығындарды оптимизациялау, қуаттарды резервілеу, алдын-алу жұмыстарын жүргізу ыңғайлылығы және жүйелер қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін күтілетін жүктемелер болжамы маңызды. Тұтынушылар үшін болжам шығындардың минимизациялануын қамтамасыз ету, атап айтқанда, қажетті қуат жетпеген жағдайда өндірістің тоқтау мүмкіндігін, немесе лимиттерден асып кеткенде айыппұл төлеу мен тапсырыс жасалған қуаттың толықтай шығындалмаған көлемдеріне артық төлеуді болдырмау үшін қажет. Қазіргі уақытта электрстанциялар жабдықтарының тозымдылығы отыздан жетпіске дейінгі пайыздарды құрайды, осыны ескере отырып болжамның нақтылығын жоғарлатуға талаптар өсті. Энергиятұтынудың режимдерінің болжамдалуына электр жүктемелері уақытындағы өзгерістер өзімен кездейсоқ процестер болып келетіндіктен жүгінуге тура келеді, яғни апта күнінен (жұмыс күні, мереке), жыл маусымынан, ауа-райынан (ауа температурасы, бұлттылық деңгейі) және тәулік уақытынан кездейсоқ түрде тәуелді функциялар. Сонымен қатар, барлық бұл тәуелділіктер тура болып келмейді және әрқашанда байқала бермейді. Электртұтыну деңгейін болжамдау мақсаты энергетикалық бірлестіктер жұмысын жобалау кезінде бірінші қатардағылардың бірі болып келеді. Нәтижесінде электрэнергияны тұтынудың дәл болжамына қажеттілік

пайда болады, оған (электрэнергияға) айтарлықтай әсер метеорологиялық факторлар-сырт ауаның температурасы, жарықтылық, ылғалдық, жел жылдамдығы береді[1]. Тәулікке немесе аптаға түрлі түрдегі параметрлерге графиктерді жоспарлай отырып, энергетикалық бірлестіктердің арнайы бөлімдері электрэнергия қажеттілігі мен шешімін табу құралдары арасындағы өзара қатынас тапсырмасын және осы тапсырманың орындалуын шешеді. Электрстанциялар мен энергетикалық бірлестіктердің жұмыстарын жоспарлау кезінде басты параметрлердің бірі бөлек алынған тұтынушылар мен жалпы жүйе бойынша күтілетін электртұтыну болжамдарының жиынтығы болып келеді[2]. Электр жүктемелерін тұтыну болжамының дәлдігі болашақта сатып алуларды және электр энергия өндірісін, және де электр режимдері есептеулерін жоспарлау үшін маңызды фактор болып есептеледі. Максималды нақты алынған нәтижелер экономикалық көзқарасынан электрстанциялар мен тұтынушылар арасында жүктемелердің оптималды бөлінуін жасауға мүмкіндік береді, нәтижесінде бұл электрэнергияны тасымалдау, сатып алу және сату үшін экономикалық қолайлы жағдайлардың жүзеге асырылуына ықпал етеді. Тұтынудың қысқа мерзімді болжамдары диспетчерлік графиктерді қалыптастыру үшін фундамент ретінде қызмет етеді. Бұның арқасында бір уақытта қуаттың резервті қорларын үлестіру мен тұтынушыларға жеткізу үшін электрэнергияның қажетті көлемдері анықталады және бағаланады.

Бұл жұмыстың мақсаты энергия ресурстарының пайдаланылуын оптимизациялау мақсатымен электрэнергияның тұтынылуын болжамдаудың түрлі әдістерінің дәлдігін көтеру мен бағалау, және де бағасын төмендету мен энергетикалық ресурстарды тасымалдау мен электртұтыну сенімділігін арттыру болып келеді. Келесі модельдер бойынша талдау, бағалау және қорытынды жасау қажет:

- 1) сызықтық/линейлі регрессионды модельдер;
- 2) нейрожелілік модельдер;
- 3) нейро нақтылығы жоқ модель.

Электртұтынудың болжамдаудың классикалық әдістері

Электртұтынуды болжамдау Қазақстан электрэнергетикалық жүйесінің (ЭЭЖ) сенімді жұмыс жасауы болып келеді. Қазақстанда екі мыңшы жылдардан бастап электр энергиясының көтерме нарығының бәсекелес секторы жұмыс жасай бастады. Өтпелі кезеңнің көтерме нарығының жұмыс жасауы көтерме нарық қатысушыларымен және сатып алушылармен жеке жоспарлы сағаттық тұтынуды жеке анықтауына негізделеді. Электрэнергия өндірушілері үшін күтілетін жүктеме болжамы операциянды шығындарды оптимизациялау, қуаттарды резервілеу, алдын-алу жұмыстарын жүргізу ыңғайлылығы және жүйелер қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін маңызды. Тұтынушылар үшін болжам шығындардың минимизациялануын қамтамасыз ету, атап айтқанда, қажетті қуат жетпеген жағдайда өндірістің тоқтау мүмкіндігін, немесе лимиттерден асып кеткенде айыппұл төлеу мен тапсырыс жасалған қуаттың толықтай шығындалмаған көлемдеріне [3] артық төлеуді болдырмау үшін қажет. 2012 жылы МЕМСТ Р 150 50001 - 2012 - «Энергетикалық менеджмент жүйелері» [4] Қазақстан ұлттық стандарты бекітілді. Бұл МЕМСТ энергетикалық менеджмент жүйесін әзірлеу мен жақсартуға талаптарды нақтылайды және белгілейді, оның мақсаты Энергетикалық нәтижелілікті, энергетикалық тиімділікті қоса алғанда, энергияны пайдалану мен тұтынудың [4] тұрақты жақсартылуына қол жеткізуде жүйелік амалды жүзеге асыру мүмкіндігін ұйымдастыруды беру болып келеді. Белгіленген мемлекеттік нормативтерге сәйкес энергетикалық жүйелермен басқаруда энергетикалық саясат энергетикалық параметрлердің үздіксіз жақсаруын қамтамасыз ету керек. Электрэнергетикалық жүйелердің жұмыс жасау тиімділігіне қол жеткізу үшін маңызды параметрлерінің бірі тұтынылатын жүктемені болжамдаудың дәлдігі болып келеді. Болжамдаудың тапсырмасы келесі түрде тұжырымдалады: $x(t)$ уақытша қатар мәндерінің алдыңғы біле тұра келесі мәнді болжауға болады

$$x(l+d) = \omega(x(t), \dots, x(t-l), (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_q)) \quad (1)$$

Мұнда, d - болжамдау қадамы, q - η тәуелсіз айнымалылардың саны [3]. Талдамалық болжамдаудың әдісі: болжамдайтын талдамалық өрнек

$$\omega(x, t) = \sum_{r=1}^R \varepsilon_r x_r(q, t) \quad (2)$$

мұнда $x_r(q, t)$ - болжамдайтын формуланың негізін құрайтын, базалық өрнегі;

η - қосымша түзетуші коэффициенттер (жүктеменің қыстық (жаздық) тәуелділік графигінің тығыздығы, қыстыққа қатысты жүктеме графигінің жаздық төмендеуі, жүктеменің жылдық өсуі);

$r = 1, \dots, R_7$ - базалық өрнектердің дәрежесі.

Кемшіліктері: ағымды деректер түскенде нәтижелерді түзету қиындығы; талдамалық өрнектердің параметрлердің болжамды мәндерін анықтағанда есептеу процедураларының үлкен көлемі.

Қазіргі уақытта жүктеменің анықтамалық және нақты графиктерінің айтарлықтай ерекшеліктері байқалады, сондықтан болжам дәлдігін көтеру үшін болжамдаудың статистикалық модельдерін немесе жасанды интеллектің (нақты емес және нейрожелілік) [3] болжамдау жүйелерін пайдаланған дұрыс. Болжамдаудың статистикалық әдістері: өзгермелі орта модельдері; өзгермелі ортамен авторегрессионды модель, интегралды өзгермелі ортамен авторегрессионды модель, регрессионды модельдер. Кемшіліктер: оқытатын сұрыптаудың көрнекті көлемінің болу қажеттілігі; процесстің математикалық сипаттамасының болу қажеттілігі. Регрессионды талдау көпөлшемді талдаудың басқа әдістерімен салыстырғанда жиі қолданбалы. Ол басым объектінің математикалық моделін құрумен, оның идентификациялануымен байланысты, тапсырмалардың кең кластары үшін пайдаланылады. Объектіде жүйелілікті сипаттау үшін модельді таңдау тапсырмасын қойған кезде үш тән жағдайларды айырады:

1. Модельдің құрылымы және типі белгілі, таңдамалы деректер модель параметрлерін-коэффициенттерін бағалау үшін пайдаланылады.

2. Зерттелетін объектіні сипаттау үшін бірнеше модель пайдаланыла алады; олардың ішінен ең жақсысын таңдау және оның параметрлерін бағалау қажет.

3. Зерттелетін объектінің моделі алдың ала белгісіз; ең жақсы жолмен таңдамалы деректер бойынша экспериментте құрылымы жөнінде гипотеза алға тартыла алатын, әлдебір сипаттама таңдалу қажет.

Бірінші екі жағдай жеткілікті нақтыланған болып келеді және таңдамалы деректерді ұйымдастырудың түрлі стратегияларында шешіле алады. Модельдің нақтылығынсыздық шарттарында тапсырманы шешуге қатысты бір жақты жауап беру мүмкін емес. Бас қиыншылық модельдің болжамды құрылымына қатысты шынайы гипотезаны тартуда болып келеді. Тәжірибе көрсетеді, гипотезаның шынайылығының жоқтығы таңдамалы деректер бойынша таңдалған, модельдің жұмыс істемеуіне әкеледі.

Модельдің құрылымына қатысты гипотеза объектіде болып жатқан, процесстер табиғаты жөнінде мүмкін үлкен априорды ақпарат негізінде алға тартылу қажет. Объектіде жүйеліктер мен тәуелділіктерді анықтайтын, тәуелсіз айнымалылар таңдалғаннан, тапсырманың көлемділігі анықталғаннан, модельдің сызықтығының/линейлігінің (параметрлер, 14 айнымалылар бойынша) болжамды типі анықталғаннан және объектіде жасанды әсерлерді енгізу мүмкіндігі бағаланғаннан кейін ғана, негізін регрессионды талдау құрайтын, пассивті эксперимент стратегиясына бұрылуға болады.

X_i кірмелі айнымалылардан $\varepsilon(X_1, X_2, \dots, X_k)$ әлдебір функция түрінде, объектінің қалыпты жұмыс жасау режимінде жиналған деректер бойынша, зерттелетін объектінің

моделін таңдап алуды қажет етеді делік. Бұл жағдайда объект жөнінде бар білімдер негізінде тегіс және үздіксіз ретінде бұл функцияны елестету шынайылығын анықтаған дұрыс. Егер объект үшін мұндай мүмкіндік бар болса, онда модель ретінде кірмелі айнымалылар кеңістігінде, бастапқы нүкте аумағында, тегіс және үздіксіз функцияларды жатқызу барысында алынатын, Тейлордың түрлі ұзындығында степеньді қатардың кесінділері таңдала алады. Мысалы, үш айнымалы функция $\varepsilon = v_1 X_1 + v_2 X_2 + v_3 X_3$ линейлі полиномның түрінде немесе, көбірек жоғары қатардағы полиномдар, қатар кесінді ұзындығынан тәуелді түрінде бола алады:

$$\varepsilon = v_1 X_1 + v_2 X_2 + v_3 X_3 + v_{13} X_1 X_3 + v_{23} X_2 X_3 + v_{12} X_1 X_2 X_3 + \dots, \quad (3)$$

Мұнда полином коэффициенттері Тейлордың тәуелсіз айнымалылар қатарында Сэйкесінше функцияларда жеке туындылар болып келеді, мысалы

$$v_3 = \frac{\partial \varepsilon}{\partial X_3}, \quad v_{23} = \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial X_2 \partial X_3}, \quad \text{және т. б.}$$

Көптік регрессия моделін құру болжам объектісі жөнінде бар, деректер негізінде регрессионды коэффициенттерді табуға және болжамға әсер ететін факторларға келіп тіреледі. Осылайша, регрессионды әдістер электртұтынудың шықпалы болжамдық шамасына параметрлердің кең таңдауының әсерін ескере алады. Дегенмен тәуелсіз әсер ететін факторларды (предикторларды) таңдау мәселесі айтарлықтай күрделі болып келеді. Бұның бәрі электртұтынудың көпфакторлы регрессионды болжамдық модельдерінің айтарлықтай күрделі жүзеге асуына әкеледі.

Электртұтынуды болжамдаудың нейрожелілік амалы

Нейронды желі астында қарапайым биологиялық процесстерді модельдейтін, есептеуіш құрылымдарды білдіреді, жиі олар адам миының процесстерімен ассоциацияланады.

Жоғары айтылған желілер өзімен оң және кері әсерлерді талдау жолымен адаптивті оқытуға қабілетті, таратылған және параллельді жүйелер болып келеді.

Бұл желілерде ең аз және қарапайым жұмыс бірлігімен биологиялық түпбейнесімен аналогиясы бар, нейрон болып келеді.

Нейрон үш типті элементтерден тұрады: көбейткіштер, сумматор және линейлі емес түрлендіргіш.

көбейткіштер нейрондар арасында байланысты жүзеге асырады және байланыс күшін сипаттайтын, санға кірме сигналды көбейтеді.

Сумматор сигналдардың қосуын орындайды, олар сыртқы кірме сигналдар және басқа нейрондардан синаптикалық байланыстар бойынша түседі. Линейлі емес түрлендіргіш сумматор шығысын-бір аргументтің линейлік емес функциясын жүзеге асырады. Бұл функция активация функциясымен немесе нейронның беріліс функциясымен аталады. Нейрон жалпы векторлық аргументтің скалярлық функциясын жүзеге асырады [5].

Нейронның математикалық моделі:

$$S = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b,$$

$$y = f(s),$$

мұнда w_i - синапс салмағы, $i = 1 \dots n$,

b - алмастырушы мән,

S - суммалау нәтижесі;

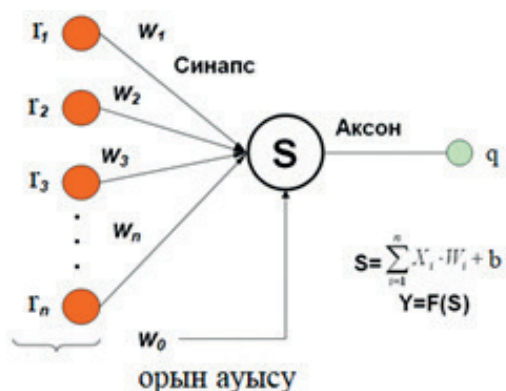
- x_i - кірме векторының компоненті (кірме сигнал), $i = 1 \dots n$;
- y - нейронның шықпа сигналы;
- n - нейронның кіріс саны;
- f - активация функциясы.

«Кірме сигнал, салмақтық коэффициенттер және алмастыру нақты мәндерді қабылдай алады, бірақ көптеген практикалық тапсырмаларда олар тек кейбір фиксацияланған мәндерді қабылдайды. (y) шықпасы активация функциясы түрімен анықталады және нақты да, және бүтін де бола алады. (s) кірме сигналына линейлік емес түрлендіргіш нейронда өзімен шығыс болып келетін, $f(s)$ шығыс сигналымен жауап береді. Активационды функцияның мысалдары 1. кестеде [5] ұсынылған.

Кесте 1. Нейрондарды активациялау функциялары

Атауы	Формула	Мәндер облысы
Линейлік	$f(s)=ks$	$(-\infty,+\infty)$
Логикалық	$f(s) = \frac{1}{1 + e^{-as}}$	$(0,+\infty)$
Экспоненциалды	$f(s) = e^{-as}$	$(0,+\infty)$
Синусоидалды	$f(s) = \frac{s}{a + s }$	$(-1,+1)$

Жасанды нейрон - r^n -кірме векторы, суммалайтын блок, активация функциясы көмегімен сигналды түрлендіру блогы, q скалярлық шығыс бар, элементарлы түрлендіргіш элемент. Әр кірме r_i биологиялық «синоптикалық» байланыстың күшіне сәйкес келетін, W_i салмақтық коэффициенті бар. Салмақтық коэффициенттер оқыту процессінде ретіне келтіріледі. Қарапайым салмақтық коэффициенттер қоздырушы, ал кері - тежеуші байланыстар деп аталатындарға сәйкес келеді. Салмақтық коэффициенттердің шамасынан тәуелді, сигналдар, желі бойынша берілетін, арта және кеми [5] алады. Қосымша жасанды нейрон алмасу қамтамасыз ету үшін, w_0 коэффициентімен r_0 кірмесі енгізіледі. Әдетте, $r_0 = 1$ (1 сурет).



Сурет 1. Жасанды нейрон моделі

Осылайша, жасанды нейрон T_n кірме векторының Q скалярына түрлендірілуін жүзеге асырады. Жасанды нейрон 2 этапта жұмыс жасайды.

Нейронды желілердің үш негізгі типін ажыратуға болады: толық байланысты, көп қабатты немесе қабаттылар, әлсіз байланысқан. Көп қабатты нейронды желілерде нейрондар қабаттарға бірігеді. Қабат бірыңғай кірме сигналдарымен нейрондардың жиынтығын қамтиды. Жалпы жағдайда желі солдан оңға қарай нөмірленген, Q қабаттарынан тұрады. сырт кірме сигналдар кірме қабаттың (нөлдік) нейрондардың кірмелеріне беріледі, ал желінің шығыстарымен соңғы қабаттың шығыс сигналдары болып келеді. Көп қабатты нейронды желіде кірме және шығыс қабаттардан басқа бір немесе бірнеше жасырын қабаттар бар [5]. Өз кезегінде, көп қабатты нейронды желілер арасында келесі типтерді ажыратады.

1) Монотонды. Бұл нейрондар мен байланыстарға қосымша шарттарымен қабатты желілердің ерекше жағдайы.

2) Кері байланыссыз желілер. Бұндай желілерде кірме қабаттың нейрондары кірме сигналдар алады, оларды түрлендіреді және бірінші жасырын қабаттың нейрондарына жібереді, және ары қарай қолданушы мен интерпретаторшы үшін сигнал беретін, шықпасына дейін. Қабатты желілердің классикалық вариантымен тікелей таратушы толық байланысқан желілер болып келеді.

3) Кері байланыстарымен желілер. Кері байланыстарымен желілерде ақпарат кейінгі қабаттардан алдыңғыларға жіберіледі.

Электртүтынуды болжамдаудың нейро нақтылығы жоқ амалы

Нақтылығы жоқ логикасымен жүйелерді пайдаланудың негізгі тартымдылығы күрделі процесстер үшін математикалық моделді құру мүмкіндігінде тұрады, мұндай модельді басқа (стандартты) жолмен алуға болмағанда. Теориялық объектінің қисынды математикалық моделі егер болған жағдайда ең жемісті болжамдар орындала алады. Бірақ математикалық модельде құруда (идентификацияларда) нақтылығы жоқ математика мен логиканы қолдану әрекеттері әрқашан сәтті бола бермейді, өйткені априори білімдерді азайту мен формализация қажеттілігімен байланысты байланыста модельдің құрылымына шектеу салынады, осыған байланысты шектеу жолымен кірме айнымалылардың шамасы азаяды. Сонымен қатар, нақтылығы жоқ жүйелердің кемшіліктеріне оқытудың жоқтығын жатқызуға болады және нәтижесінде, модельді модификациялау үшін өлшеу деректерін пайдалану мүмкіндігінің жоқтығы. Нақтылығы жоқ логикамен жүйелердің артықшылығына осы салада эксперттер тәжірибесімен жұмыс істеу және осы нақтылығы жоқ ережелердің көмегімен алынатын, қорытындылардың интерпретациялануына әсер ететін, нақтылығы жоқ ережелер түрінде күрделі жүйенің моделін алу мүмкіндігін жатқызуға болады. Нақтылығы жоқ логикамен модельдер мен жасанды нейронды желі іс жүзінде бірдей екендігін айта кету керек, бірақ екі әдісте де плюстар мен минусстар бар. Нейро нақтылығы жоқ модельдерде қорытынды нақтылығы жоқ логика аппараты негізінде жасалады, дегенмен қатыстылықтың кейбір ұқсас функциялары жасанды нейронды желі оқыту әдістерінің қолданылуымен бейімделеді.

Болжамдау тапсырмаларында нейро нақтылығы жоқ амалдың перспективті ерекшелігімен кірме (шықпа) ақпараттың айтарлықтай бұрмалануларында сенімді нәтижелерді алу мүмкіндігі болып келеді. Мұндай нәтижелерді нейронды желілерде болжамдайтын модельдерді қолдана отырып, алуға болады. Нейро нақтылығы жоқ желілердің артықшылығы: логикалық талдауға жол беретін, сапалы білімдердің болуы, қателерді табу қарапайымдылығы [6].

Сирек жүктемені болжамдау үшін нақтылығы жоқ логика қолданылады, өйткені нақтылығы жоқ ережелерді құру үшін осы саладағы эксперт қажет. Жиі экспертпен жасалған болжам энергия жүйесінде болып жатқан, процесстердің субъективті бағасында негізделеді, және бұл баға интуитивті сипатта болады.

Нақтылығы жоқ ережелердің базаларын құрылымдау және жүзеге асыру үшін мұндай процесті сипаттайтын, заңдылықтарды априорлы анықтауды қажет етеді, бұл үлкен жүйелер үшін айтарлықтай қиын болып келеді. Сонымен қатар, экспертпен процесстерді сипаттау барысында ақпаратты субъективті фактор күшімен жоғалтуы сөзсіз. Сондықтан жиі нақтылығы жоқ алгоритмдерге негізделген, әлдебір әдістеме ұсынылады немесе нейрожелілік амалмен үйлестіру. Мысалы, жүктемені ары қарай болжамдау үшін қырық сегіз жасанды нейронды желінің ішінен біреуін болжамдау үшін таңдаушы, ауа райы жағдайларынан шыға отырып, нақтылығы жоқ классификаторды пайдалану. Нейро нақтылығы жоқ амалдың тиімділігі жасанды нейронды желі пайдаланғанға қарағанда жоғары. Болжамның ауытқуларын азайту нақтылығы жоқ желілердің шекті функцияларды тегіс аппроксимациялау және желіде «нақты емес» тәсілмен деректерді ұсыну қабілеттілігімен түсіндіріледі.

Деректердің нақты кіріс векторлары бірнеше желідегі нақты емес көптіктерге тиесілі. Өзінше ұйымдасу алгоритмі көмегімен оқытылған, нақтылығы жоқ желілерде, кластерлардың түрлі орталықтарына әкелу жолымен деректердің нақты емес топталуы орындалады. Нәтижесінде әр x вектор көп центрлармен ұсынылады, және әрқайсысының әсері вектор мәніне әртүрлі және қатыстылық функциясы мәнінен тәуелді. Осының арқасында ең жақсысы мүмкін болады және оқыту кезінде пайдаланылған алғашқы деректердің көбірек дәл көрсетілуі және онысымен болжамдау дәлдігінің артуы. Болжамдаудың нейро нақтылығы жоқ амалдардың артықшылықтарына жатады: априорлы ақпараттың жетіспеушілігіне сезімталсыздығы; бұрынырақ бақыланбаған оқиғаларды болжамдау мүмкіндігі; қатаң формализацияның болуы мен болжамдау әдістемелерін алгоритмизациялау; ақпараттың ескіруінің есепке алынуының рұқсаттылығы (болжамдаудың үздіксіздік принципі); әлсіз формализацияланған тапсырмаларды шешу мүмкіндігі; әдістемелерді аппаратты жүзеге асыру мүмкіндігі.

Қорытынды

Электртүтынуды болжамдау жүйелеріне халықаралық талаптар негізінде бір кешен ретінде электрэнергетикалық жүйелердің жұмыс жасау деңгейін көтеру және электрмен жабдықтау сенімділігінің деңгейін арттыру, және де тозған желілер мен электр таратушылар жүктемелерін оптимизациялау мақсатымен, электртүтынуды болжамдау кезінде істегілермен бірге, нейронды желілерге негізделген технологияларды және тіректі векторлар алгоритмін пайдаланған дұрыс.

Таңдаудың дәйектеуі ретінде нейрожелілік амалдың негізгі ерекшеліктері көрсетілген:

- классикалық әдістермен статистикалық шынайы нәтижелердің алынуын қамтамасыз етпейтін, кішкене оқытатын таңдамаларды пайдалану мүмкіндігі;
- толық емес және ауытқыған алғашқы деректердің болуында тапсырманың дұрыс шешімін анықтау мүмкіндігі;
- болжамдаудың сапасына әсер ететін, түрлі қосымша факторларды есепке алу мүмкіндігі.

Нейро нақтылығы жоқ және нейронды желілер – универсалды аппроксиматорлар. Нақтылығы жоқ модельдердің артықшылығы логикалық талдауға жол беретін, сапалы білімдердің болуы болып келеді және қателіктерді табу қарапайымдылығы. Нақтылығы жоқ жүйелерді пайдалануды шектеулер: бес кірмеден көбірек болса жүйені жүзеге асыру өте күрделі, осыны ескере отырып шешімнің дәлдігі азырақ болады. Көбірек кірмелер санымен объектілер үшін нейронды желілерді пайдалану қажет. Нейронды желілердің артықшылығы - кірмелердің көбірек санын қалыптастыру. Нейронды желілер - «голографиялығымен» - жасанды нейрондардың көп санымен және толық байналыстылық күшімен желінің белгілі бір бөлігін жойған кезде желі қасиеттерін сақтау қабілеттілігіне ие. Нейронды желілердің кемшілігі қателікті немесе ақаулықты іздеудің әлдебір күрделілігінде болып келеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Соловьева И.А. Прогнозирование электропотребления с учетом факторов технологической и рыночной среды – Научный диалог.– 2013 – №7(19).
- 2 Орлов Д.В., Таран А.В., Зиновьев Е.В., Мумладзе Д.Г. Методы прогнозирования электропотребления – Евразийский союз ученых. – 2015 – № 4 (13). – С. 168–171.
- 3 Остапченко К.Б., Лисовиченко О.И. Выбор модели прогнозирования электро-потребления при решении задачи оперативного суточного планирования поставок электроэнергии на оптовом рынке – Адаптивные системы автоматического контроля: межвузовский научно-технический сборник. – 2014 – № 1 (24). – С. 76–86.
4. СТ РК ISO 50001-2012 «Системы энергоменеджмента. Требования и руководство по применению» [Электронный ресурс]-2012.–URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31641653&pos=4;-106#pos=4;-106/ (дата обращения: 15.08.2017)
5. Круглов, В. В., Борисов, В. В. Искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, В.В. Борисов. –М.: Горячая линия – Телеком – 2001. – 382 с.
6. Поляхов Н. Д., Приходько И. А. Нечеткие системы управления: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ»–2003 – 48 с.

Г.Б. Толегенова, А.Б. Закирова, А.В. Астанкевич
Международный университет Астана, Астана, Казахстан

Модели и методы прогнозирования электрических нагрузок

Аннотация. В настоящее время прогнозирование электрических нагрузок является важной задачей. На основе прогнозов рассчитываются режимы работы станций, конфигурация сети, оценивается экономичность и качество электроэнергии, рассчитывается график ремонтных работ и т.д. Модель прогнозирования электрической нагрузки является одним из инструментов предвидения для принятия управленческих решений при управлении электроэнергетическими системами. Цель данной статьи состоит в построении, оценке и сравнительном исследовании различных моделей прогнозирования электропотребления. Были изучены и проанализированы следующие подходы и методы в прогнозировании: нейросетевой, нейронечеткий.

Ключевые слова: нейросеть, нейронечеткая сеть, нагрузка, модель, прогнозирование.

G. Tolegenova, A. Zakirova, A. Astankevich
Astana International University, Astana, Kazakhstan

Models and methods for forecasting electrical loads

Abstract. Currently, the prediction of electrical loads is an important task. On the basis of forecasts, the operating modes of stations, the network configuration are calculated, the efficiency and quality of electric power is estimated, the schedule of repair work is calculated, etc. The electric load forecasting model is one of the foresight tools for making management decisions when managing electric power systems. This article consists in the construction, evaluation and comparative study of various models for forecasting electricity consumption. The following approaches and methods in forecasting were studied and analyzed: neural network, neuro fuzzy.

Keywords: neural network, neuro fuzzy network, load, model, forecasting.

References

1. Solovyeva I.A. Prognozirovanie elektropotrebleniya s uchetom faktorov tehnologicheskoi i rynochnoi sredy – Nauchnyi dialog.– 2013 – №7(19).
- 2 Orlov D.V., Taran A.V., Zinövev E.V., Mumladze D.G. Metody prognozirovaniya elektropotrebleniya – Evrazijski soiuz uchenykh. – 2015 – № 4 (13). – S. 168–171.
- 3 Ostapchenko K.B., Lissovichenko O.I. Vybor modeli prognozirovaniya elektro-potrebleniya pri rešenii zadachi operativnogo sutochnogo planirovaniya postavok elektroenergii na optovom rynke – Adaptivnye sistemy avtomaticheskogo kontrolä: mejvuzovski nauchno-tehnicheski sbornik. – 2014 – № 1 (24). – S. 76–86.
4. ST RK ISO 50001-2012 «Sistemy energomenejmenta. Trebovaniya i rukovodstvo po primeneniiu» [Elektronnyi resurs] - 2012.– URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31641653&pos=4;-106#pos=4;-106/ (accessed: 15.08.2017).
5. Kruglov, V. V., Borisov, V. V. Iskusstvennye neironnye seti / V.V. Kruglov, V.V. Borisov. —M.: Gorächaia linia — Telekom – 2001. – 382 s.
6. Polyakhov N. D., Prikhodko I. A. Nechetkie sistemy upravleniya: uchs. posobis. SPb.: İzd-vo SPbGETU «LETİ» –2003 – 48 s.

Авторлар туралы мәліметтер:

Г.Б. Толегенова – докторант, Международный университет Астана, пр. Кабанбай Батыра, 8 Астана, Казахстан.

А.Б. Закирова – кандидат педагогических наук, доцент, Международный университет Астана, пр. Кабанбай Батыра, 8 Астана, Казахстан.

А.В. Астанкевич – магистр техники и технологий, Международный университет Астана, пр. Кабанбай Батыра, 8 Астана, Казахстан.

G. Tolegenova – PhD student, Astana International University, 8 Kabanbay Batyr ave., Astana, Kazakhstan.

A. Zakirova – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Astana International University, 8 Kabanbay Batyr ave., Astana, Kazakhstan.

A. Astankevich – Master of Engineering and Technology, Astana International University, 8 Kabanbay Batyr ave., Astana, Kazakhstan.

Г.Б. Толегенова – докторант, Астана Халықаралық университеті, Қабанбай батыр даңғ., 8, Астана, Қазақстан.

А.Б. Закирова – педагогика ғылымдарының кандидаты, доценті, Астана Халықаралық университеті, Қабанбай батыр даңғ., 8, Астана, Қазақстан.

А.В. Станкевич – техника және технологиялар магистрі, Астана Халықаралық университеті, Қабанбай батыр даңғ., 8, Астана, Қазақстан.

Бас редакторы: **Б.Б. Тогизбаева**

Компьютерде беттеген: **Ж.Қ. Оспан**

Авторларға арналған нұсқаулықтар,
жарияланым этикасы журнал сайтында берілген: <http://bultech.enu.kz>

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.
Техникалық ғылымдар және технологиялар сериясы.
- 2(143)/2023 - Астана: ЕҰУ. - 269 б.
Шартты б.т. – 16.8. Таралымы - 15 дана.
Басуға қол қойылды: 30.06.2023 ж.

Ашық қолданыстағы электронды нұсқа: <http://bultech.enu.kz>

Мазмұнына типография жауап бермейді

Редакция мекен-жайы: 010008, Қазақстан Республикасы,
Астана қ., Сәтбаев көшесі, 2.
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Тел.: +7(71-72) 70-95-00 (ішкі 31-315)