

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

3(144)/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., Делавер Университеті, Ньюарк, АҚШ
Сахапов Р.Л.	проф., Қазан мемлекеттік сәулет-құрылыс университеті, Қазан, Ресей
Тадатсугу Танака	проф., Токио Университеті, Токио, Жапония
Тулбекова 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., Инчeon ұлттық университеті, Инчeon, 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., L.N. Gumilyov ENU, 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, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, 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

№ 3(144)/2023

МАЗМҰНЫ/ CONTENTS/ СОДЕРЖАНИЕ

- А.А. Сағитов, К.Т. Шеров, Т.Г. Насад, Г.Б. Абдугалиева, А.Е. Окимбаева. Ротациялық-фрикциялық құрал білігінің иілу кезіндегі беріктігін есептеу*
A. Sagitov, K. Sherov, T. Nasad, G. Abdugaliyeva, A. Okimbayeva. Calculation of multi-blade rotary-friction tool shaft for strength
А.А. Сағитов, К.Т. Шеров, Т.Г. Насад, Г.Б. Абдугалиева, А.Е. Окимбаева. Расчет прочности вала ротационно-фрикционного инструмента на изгиб 8
- А.В. Дахам, А.Ж. Қасенов, К.К. Әбишев. Жоғары жел жылдамдығы жағдайында радиусы 1,5 метрлік жел турбинасы дизайны мен тиімділігі*
A. Dahham, A.Zh.Kassenov, K. Abishev. Design and Performance of 1.5-Meters Radius Wind Turbine under High Wind Speeds Condition
А.В. Дахам, А.Ж. Касенов, К.К. Абишев. Проектирование и эффективность ветряной турбины радиусом 1,5 метра в условиях высокой скорости ветра 20
- А.Д. Адамова, Т.К. Жукабаева, Ху Вен-Цен. Интернет заттар: қауіпсіздік және құпиялылық стандарттары*
A. Adamova1, T. Zhukabayeva1, Khu Ven-Tsen. Internet of Things: Security and Privacy standards
А.Д. Адамова1, Т.К. Жукабаева1, Ху Вен-Цен. Интернет вещей: стандарты безопасности и конфиденциальности 29
- А.Т. Қанаев, А.Е. Молдахметова, И.М. Косанова, Д.Р. Орынбеков. Дөңгелек болаттың беткі қабатын индеттеу арқылы зерттеу*
A. Kanaev, A. Moldakhmetova, I. Kossanova, D. Orynbekov. Investigation of the surface layer of wheel steel by indentation method
А.Т. Қанаев, А.Е. Молдахметова, И.М. Косанова, Д.Р. Орынбеков. Исследование поверхностного слоя колесной стали методом индентирования 41
- Б.Ж. Ергеши, Г.Т. Бекманова, Г.О. Сыздыкова, А.А. Жумагулова. Ахмет Байтұрсынұлының еңбектері бойынша дыбыс жүйесін онтологиялық модельдеу*
B. Yergesh, G. Bekmanova, G. Syzdykova, A. Zhmagulova. Ontological modeling of the sound system based on the heritage of Akhmet Baitursynuly
Б.Ж. Ергеши, Г.Т. Бекманова, Г.О. Сыздыкова, А.А. Жумагулова. Онтологическое моделирование звуковой системы по наследию Ахмета Байтұрсынұлы 52
- В.В. Яскевич. Генезис архитектуралық-құрылыстыру проектированияны автоматизациялау туралы*
V. Yaskevich. Genesis of Automation in Architectural and Construction Design
В.В. Яскевич. Генезис автоматизации архитектурно-строительного проектирования 60

- Р.В. Рахимов.** Трансформатор майын зертханалық жағдайда регенерациялау
R. Rakhimov. *Regeneration of transformer oil under laboratory conditions*
Р.В. Рахимов. К вопросу определения уровня влагосодержания в трансформаторном масле 74
- А.В. Ежкова.** Кепілдендірілген учаскелердегі «магистральдық құбыр - топырақ» жүйесінің кернеулі-деформацияланған жай-күйі («Сібір күші», «Чаянда - Ленск» магистральдық газ құбыры учаскесінің мысалында)
A. Ezhkova. *Stressed-deformed state of the system «main pipeline – soil» in the karst sections (on the example of the section of the main gas pipeline «Power of Siberia», «Chayanda – Lensk»)*
А.В. Ежкова. Напряженно-деформированное состояние системы «магистральный трубопровод – грунт» на закарстованных участках (на примере участка магистрального газопровода «Сила Сибири», «Чаянда - Ленск») 80
- Т.Ю. Никонова, Г.С. Жетесова, О.М. Жаркевич, А.А. Скаскевич, Н.Д. Стрекаль.** Құмды-полимерлі композициялық материалдарды машина жасау бұйымдарында қолдану мүмкіндіктері
T. Nikonova, G. Zhetessova, O. Zharkevich, A. Skaskevich, N. Strecal. *Possibilities of using sand-polymer composite materials in engineering products*
Т.Ю. Никонова, Г.С. Жетесова, О.М. Жаркевич, А.А. Скаскевич, Н.Д. Стрекаль. О возможности применения песчано-полимерных композиционных материалов в изделиях машиностроительного назначения 89
- А.Б. Рустемов, Б.А. Кузенбаев.** Күдікті әрекетті анықтау принциптері және бейнебақылау камераларының көмегімен күдікті әрекетті талдау бағдарламалары
A. Rustemov, B. Kuzenbaev. *Principles for detecting suspicious activity and programs for analyzing suspicious activity using CCTV cameras*
А.Б. Рустемов, Б.А. Кузенбаев. Принципы определения подозрительной активности и программы для анализа подозрительной активности с помощью камер видеонаблюдения 100
- К.Б. Кадыракунов, А.К. Нурмагамбетова, К.А. Жолишева, Л.Б. Изанова.** Жылу энергетикалық объектілерінде конвейерлік желіні басқарудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу
K. Kadyrakunov, A. Nurmagambetova, K. Zholshieva, L. Izanova. *Development of an automated control system of a conveyor line at heat/thermal power facilities*
К.Б. Кадыракунов, А.К. Нурмагамбетова, К.А. Жолишева, Л.Б. Изанова. Разработка автоматизированной системы управления конвейерной линии на теплоэнергетических объектах 111
- Г.С. Жетесова, Н.А. Савельева, Т.Ю. Никонова, В.В. Юрченко, А.А. Берг.** Бірыңғай және шағын машина жасау кәсіпорындарының өндірісін технологиялық дайындаудың бағдарламалық модулін әзірлеу
G. Zhetessova, N. Savelyeva, T. Nikonova, V. Yurchenko, A. Berg. *Development of a software module for technological preparation of production of single and small-scale machine-building enterprises*
Г.С. Жетесова, Н.А. Савельева, Т.Ю. Никонова, В.В. Юрченко, А.А. Берг. Разработка программного модуля для технологической подготовки производства единичных и мелкосерийных машиностроительных предприятий 122

- Б.С. Доненбаев, С.Ш. Магавин, К.Т. Шеров, А.К. Ракишев, М.М. Мусаев.** Төмен көміртекті болаттың қирауының даму кезеңін тәжірибелік зерттеу және сандық үлгілеу
B. Dopenbayev, S. Magavin, K. Sherov, A. Rakishev, M. Mussayev. Experimental study and numerical modeling of the stage of development of fractures in low-carbon steel
Б.С. Доненбаев, С.Ш. Магавин, К.Т. Шеров, А.К. Ракишев, М.М. Мусаев. Экспериментальное исследование и численное моделирование стадии развития разрушений низкоуглеродистой стали 134
- К.Г. Балабекова, А.Б. Забиева, А.Б. Оразалина.** Теміржол калибрлерін өзгерту жүйелерін зерттеу
K. Valabekova, A. Zabiyeva, A. Orazalina. Research of railway gauge modification systems
К.Г. Балабекова, А.Б. Забиева, А.Б. Оразалина. Исследование систем модификации железнодорожных калибров 143
- А.Б. Увалиева, О.Г. Киселева, Н.Г. Ескожанова, Юн Чэнь.** Теміржол көлігінде қозғалыс қауіпсіздігін басқару жүйесін жетілдірудің келешекті бағыттары
A. Uvaliyeva, O. Kisselyova, N. Yeskozhanova, Chen Yong. Promising directions using the management system railway traffic safety
А.Б. Увалиева, О.Г. Киселева, Н.Г. Ескожанова, Юн Чэнь. Перспективные направления совершенствования системы управления безопасностью движения на железнодорожном транспорте 154
- Г.М. Садыкова, Т.Б. Сулейменов, Т.Т. Султанов, Г.М. Тлепиева.** Интернет дүкен үшін кешенді логистикалық сервис жүйесін қалыптастыру
G. Sadykova, T. Suleimenov, T. Sultanov, G. Tlepieveva. Formation of an integrated logistics service system for an online store
Г.М. Садыкова, Т.Б. Сулейменов, Т.Т. Султанов, Г.М. Тлепиева. Формирование системы комплексного логистического сервиса для интернет-магазина 165



A. Sagitov^{1*}, K. Sherov¹, T. Nasad², G. Abdugaliyeva³,
A. Okimbayeva³

¹S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan

²Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

³ A. Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

E-mail: *almat1990@mail.ru

Calculation of multi-blade rotary-friction tool shaft for strength

Abstract. *The leading place in the technology of modern mechanical engineering production is occupied by cutting processes. In many branches of mechanical engineering, especially in mass production, their labor and production costs reach 40-60% of the total costs of metalworking. Nowadays, no more or less complex machine can be made without the use of cutting tools. Thus, we can rightfully assert that cutting machining has retained its predominant influence on the development of mechanical engineering technology and its importance will be steadily increasing in the future, largely based on the use of fundamentally new machining methods. And the latter can be rightly attributed to the so-called rotary cutting. The authors have developed a design of a special multi-blade rotary-friction tool for machining cylindrical surfaces of parts made of hard-to-machine materials. This paper presents the results of the calculation of the most loaded node of the multi-blade rotary-friction tool of the part "shaft". Calculation of the bending strength of the shaft has been performed. The results of the calculation have been checked through the program Apm Winmachine which has confirmed their correctness. This research is funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14972884).*

Keywords. *Rotary-friction tool, cup cutter, strength, stiffness, bending moment, cutting force.*

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-08-19

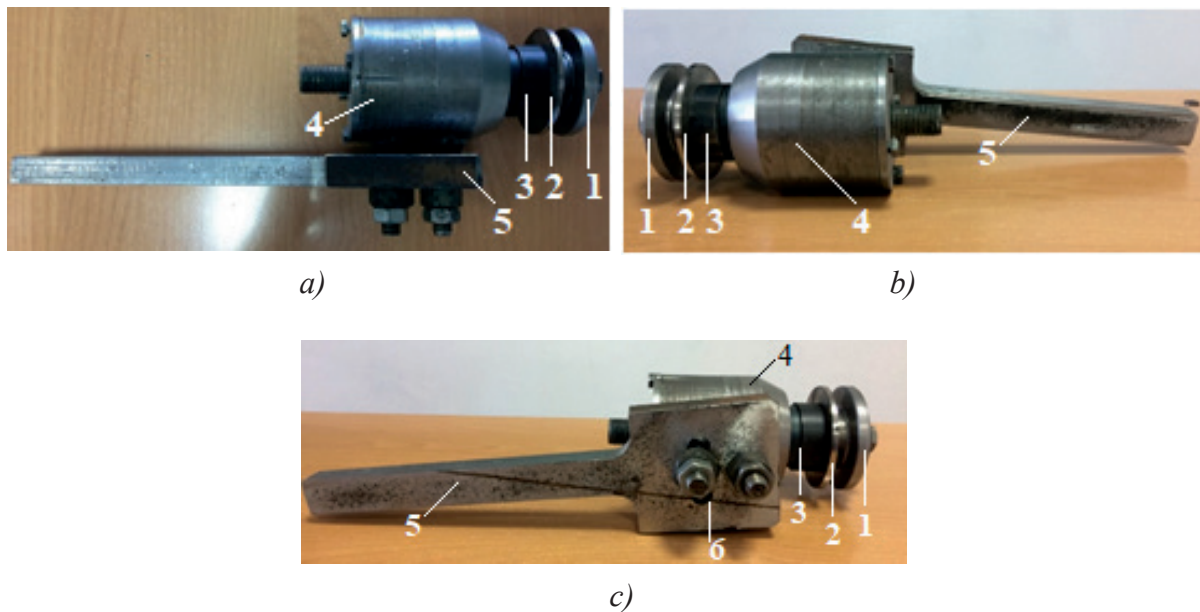
Introduction

Rotary cutting of materials belongs to progressive machining methods. It is based on replacing the traditional sliding friction between the working surfaces of the cutting element and the machined material by rolling friction. This is achieved by equipping the rotary tool with a rotating cup with a circular cutting edge that allows continuous additional rotation around its axis. It can be forced by a special drive or by frictional forces from the descending chips and in contact between the tool and the workpiece [1]. When designing a cutting tool design, the designer relies on his experience to create a new design or modify a known design and then performs verification calculations for strength. This leads to multiple repetitions of calculations and requires significant costs in selecting the best option. Development of methods for the optimal design of the disk, taking into account working conditions and strength requirements, implemented in the form of an automatic design system on the computer, is more effective.

The calculation of the spatial stress state became possible due to the development of the finite element method (FEM), which allows the implementation of well-developed procedures for solving the elastic-plastic problem, and the introduction of CAE systems of sufficiently high efficiency. When calculating the design of cutting tools, it is also necessary to take into account the effects of the environment. For this purpose, refined calculation methods implemented on a computer have been developed [2]. The authors developed the design of a special multi-blade rotary-friction tool. Figure 1 shows a prototype of a special multi-blade rotary-friction tool.

Bowl cutters are mounted on the rotating shaft of a multi-blade rotary-friction tool, which is most often the tool spindle.

The multi-blade rotary-friction tool consists of a bearing unit 4 and a shaft 3, which rotates freely using bearings. Heating 1 and cutting cup cutters 2 are mounted on the shaft. The tool is fastened to the tool holder of the lathe using tool holder 5. A heating cup cutter 1 is made from medium-carbon structural steel of any grade, and a cutting cup cutter 2 is made from R6M5 (rapid) steel. The purpose of the heating cup cutter is to soften the machined surface and thus create a favorable cutting condition during the machining of the cutting cup cutter.

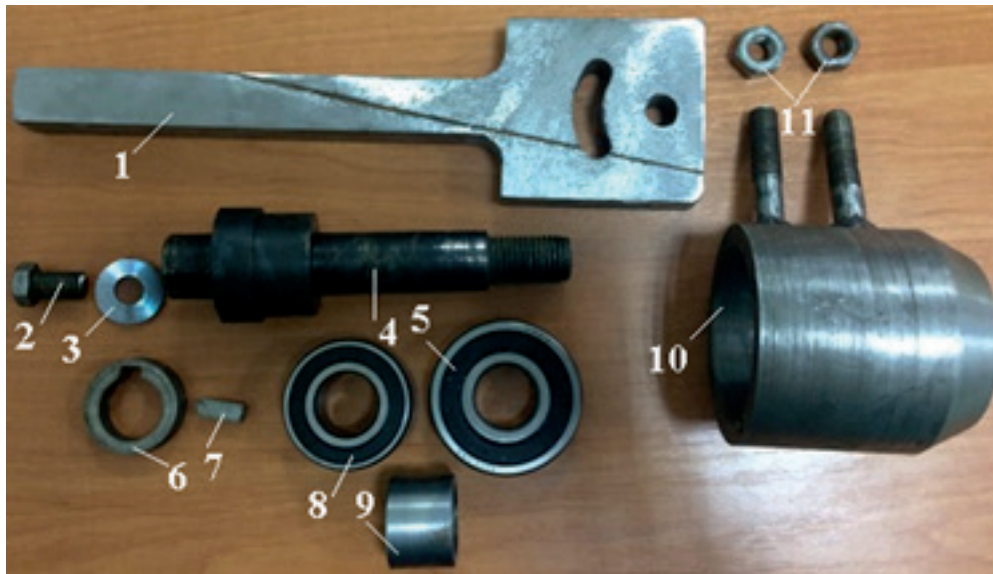


a - top view; b, c - side view; 1 - heating cup cutter; 2 - cutting cup cutter; 3 - shaft; 4 - bearing unit; 5 - holder; 6 - holder holes to adjust the angle of the cup cutters

Figure 1. Multi-blade rotary friction tool

The final formation of the machined surface and its quality is provided by the cutting cup cutter.

Figure 2 shows photos of parts of a multi-blade rotary-friction tool.



1 - holder; 2 - bolt; 3 - washer; 4 - shaft; 5,8 - bearings; 6 - bushing between cup cutters; 7 - key; 9 - bushing between bearings; 10 - bearing housing; 11 - nut

Figure 2. Parts of a multi-blade rotary friction tool

Experimental studies on testing a prototype of a multi-blade rotary-friction tool have shown that the part “shaft” is the most loaded in the process of tool operation.

In this regard, research aimed at ensuring the rigidity and strength of the tool design, in particular the shaft part, is an urgent task.

In work [3] strength and rigidity of cup cutters of multi-blade rotary-friction tools in the process of machining with the use of the Ansys WB software package was investigated. The strength and stiffness of cup cutters were investigated under different values of cutting force and temperature. It was found that the cup cutters have sufficient strength and stiffness. Works performed in this scientific field were also investigated.

In [4] a new design of a multi-blade rotary tool was investigated. The design of the tool contributed to the creation of a new milling system that eliminates vibration during machining. This method of milling allows the machining of plastic materials that become stronger when deformed. It is also possible to process heat-resistant and complex alloys, titanium, and its alloys.

In [5] the simulation of the process of thermal friction disk operation during cutting metal workpieces was performed. Modeling of the cutting disk operation is performed in two variants (as a rod system – in the form of a non-jointed circular arch and as a two-dimensional system – in the form of a thin circular isotropic plate with holes) and the results (in the form of stresses and displacements) are quite close to each other, which indicates the reliability of the initial theoretical assumptions. Calculations have been made by two methods: by the analytical method of forces - for a non-jointed arch (manual calculation); by the numerical method of finite elements – for a plate in the form of a “semicircle” (machine calculation - based on the Lira 9.6 software package).

In the paper [6] a scientific-theoretical study of the stability condition of the circular saw blade for thermal friction cutting by calculation method in the form of a circular non-jointed arch is carried out. A calculation method for determining the state of circular saw blade stability is proposed, which is based on the application of a rod model in the form of a circular non-jointed arch for half of the circular saw blade, penetrating the body of the material to be cut. The computational scheme of the non-jointed circular arch, the bending moment diagram, and the diagram of transverse and longitudinal forces are given. The form of stability loss of the non-jointed arch is also determined.

In works [7] processes of rotary cutting machining which provide updating also contact surfaces of the tool are investigated. These studies determined the conditions under which sliding friction is partially replaced by rolling friction, which provides increased tool life [8].

Rotary cutting is also accompanied by an increase in the length of the cutting blade, parts of which periodically participates, in the removal of the allowance from the workpiece and are cooled outside the cutting zone, which also contributes to the durability of the rotary tool [9].

The paper [10] analyzes the mechanics of rotary milling and presents the results of experimental studies of the effect of friction forces on the cutting process of carbon materials. The hypothesis of the mechanism of reducing rotary tool wear and increasing its durability is proposed.

In [11], the results of parametric optimization of the stress components of a rotating friction tool using virtual experiments in ANSYS WB are presented. The calculation is performed by the finite element (FE) method. The most widely used Johnson-Cook model has been chosen as the criterion for fracture of the elements of the FE mesh. The validity of the model confirms the sensitivity of cutting force and temperature to changes in cutting speed by modern concepts: with increasing cutting speed, the cutting force decreases, and the temperature increases. It is experimentally established that the quality and accuracy of machining are directly influenced by the right choice of parameters and dimensions of the tool.

Materials and methods

The freely rotating shaft is the main component of a special multi-blade rotary-friction tool, so the strength of the shaft determines the reliability of the tool.

To calculate the bending strength of a shaft, it is necessary to establish the acting cutting forces. The constituent forces P_x , P_y , P_z characterize the loads that exist during the operation of the rotary cutter, they are convenient for calculating the strength and stiffness of the cutter assemblies and the bearing capacity of the bearings installed in them [12].

The main component P_z of the cutting force is directed tangentially to the machined surface, the pushing-down component P_y acts in the radial direction, and the lateral component P_x runs parallel to the axis of the workpiece (Figure 3).

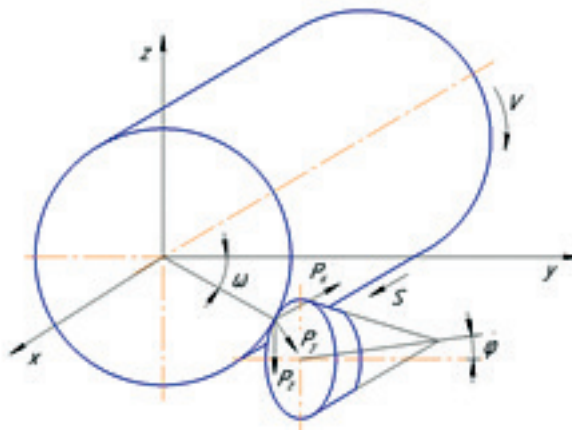


Figure 3. Location of the cup pick concerning the workpiece

The variation of the component forces depending on the setting angles of the cutter cup is defined as follows (1):

$$\begin{cases} P'_x = P_x \cos \varphi + P_y \sin \varphi, \\ P'_y = P_y \cos \varphi \cos \omega - P_x \sin \varphi \cos \omega + P_z \sin \omega, \\ P'_z = P_x \sin \varphi \sin \omega - P_y \cos \varphi \sin \omega + P_z \cos \omega. \end{cases} \quad (1)$$

where P_x, P_y, P_z - components of cutting force in the point of contact of the part with a rotary cup cutter, N; φ - the angle of the cutter axis rotation in the horizontal plane, deg; ω - the angle of the cutter axis installation in the vertical plane, deg.

The cutting forces are influenced by many factors, such as the cutting tool setting angle, feed, and lubrication of the machined surfaces. According to studies [12], the cutting forces depending on the feed changes as follows (Figure 4).

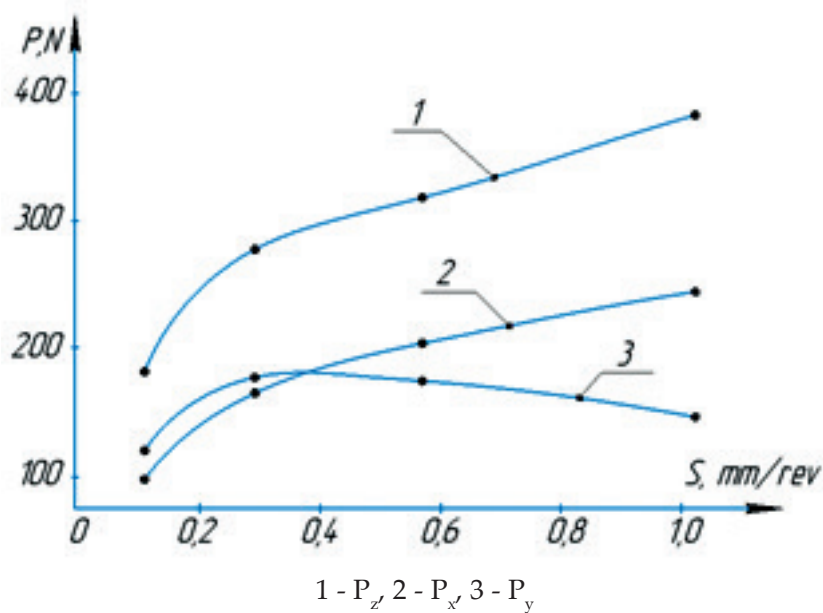


Figure 4. Dependence of force components on feed

These three components of the cutting force are mutually perpendicular. In this regard, the direction of the resultant force P (2) is defined as the diagonal of the parallelepiped [12],

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}. \quad (2)$$

To calculate the bending of the shaft, the support reactions, and the maximum stress are determined and compared with the allowable bending stress of the given material. Figure 5 shows diagrams of forces and support reactions.

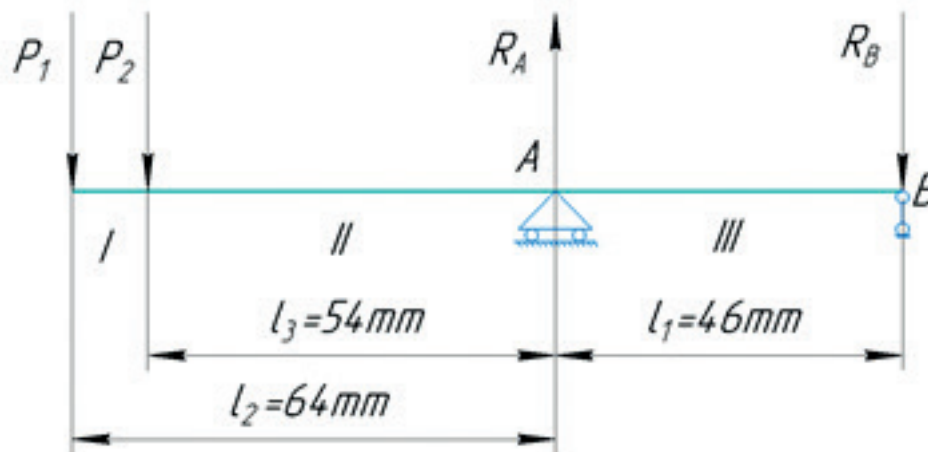


Figure 5. Diagrams of forces and support reactions

The reference reactions are calculated from the equilibrium level as the sum of the moments of all the forces at point B (3) and from the equilibrium level as the sum of the projections of all the forces on the vertical axis (4):

$$\sum \dot{M}_B = -P_1(l_1+l_2) - P_2(l_1+l_3) + R_A l_1 = 0; \quad (3)$$

$$\sum Y = -P_1 - P_2 + R_A + R_B = 0; \quad (4)$$

where P_1, P_2 - the forces acting on the cup cutters, R_A, R_B - the reaction of the supports, l_1, l_2, l_3 - the distances.

If we impose a force $P_1=P_2=3100\text{N}$, then the support reactions get $R_A=14152,2\text{N}, R_B=-7952,2\text{N}$, and the maximum moment is equal to $-365,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$. The maximum bending stress (4) on the shaft with a diameter of 25 mm is 239 MPa, and the maximum allowable bending stress for steel 45 is 240 MPa. The maximum bending stress of the shaft does not exceed the allowable stress.

Based on the results, we build the bending moment diagrams (Figure 6).

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma]; \quad (5)$$

where $[\sigma]$ - maximum allowable bending stress for steel 45, M_{\max} - the maximum moment, W - axial moment of resistance (for a section with a diameter of 25 mm will be $1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$).

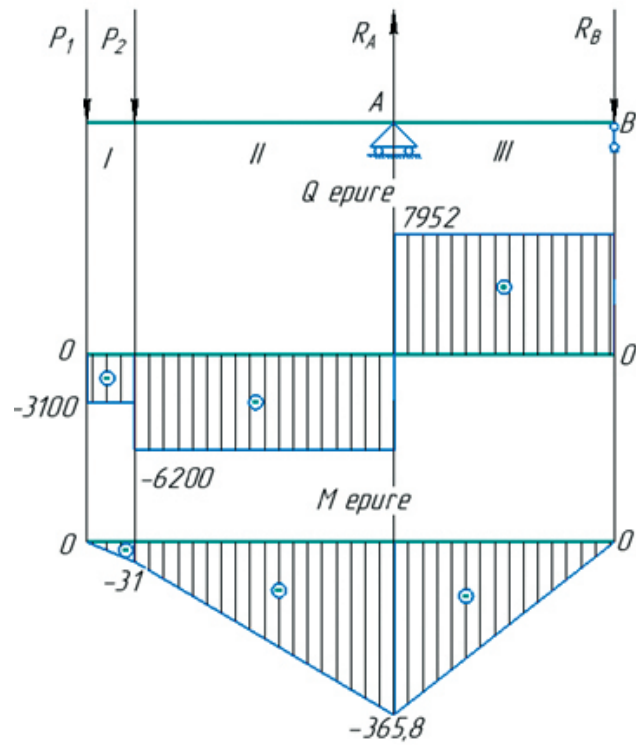


Figure 6. Moment and force epures

Check the calculations with the program Apm Winmachine. Sketch of the shaft and specify the supports and forces (Figure 7).

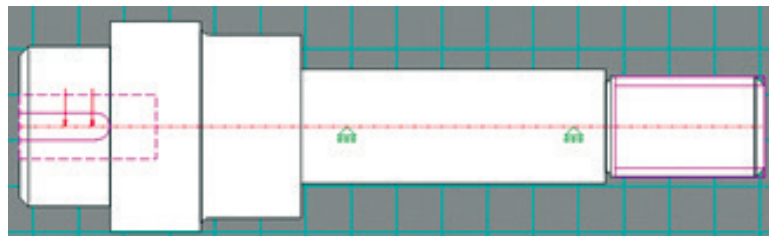


Figure 7. Sketch of a shaft in the Apm Winmachine program

After entering the data, the program plots the bending moment diagram (Figure 8).

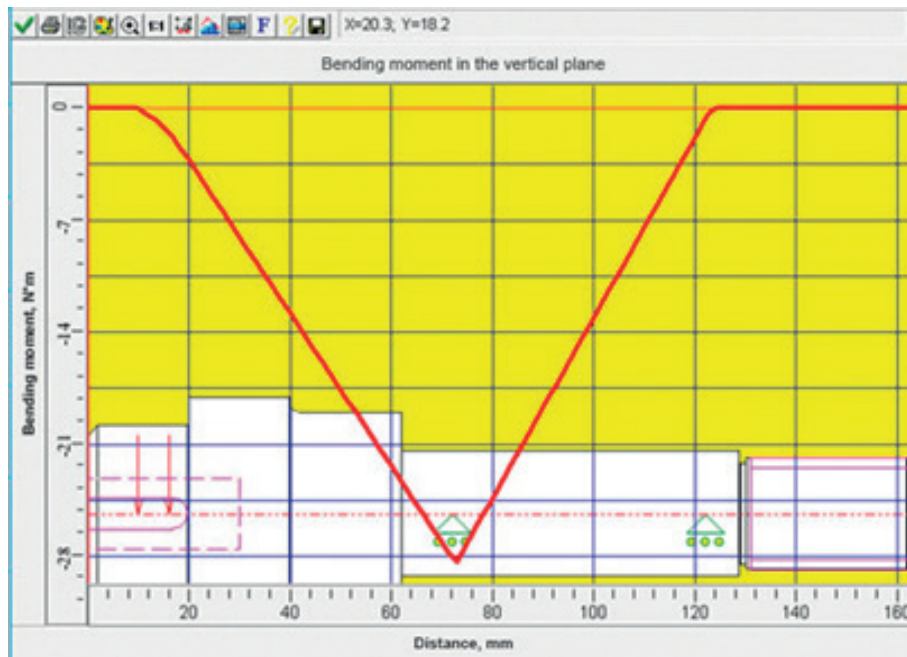


Figure 8. Bending moment diagram obtained in Apm Winmachine

Figure 9 shows a graph of the fatigue safety factor.

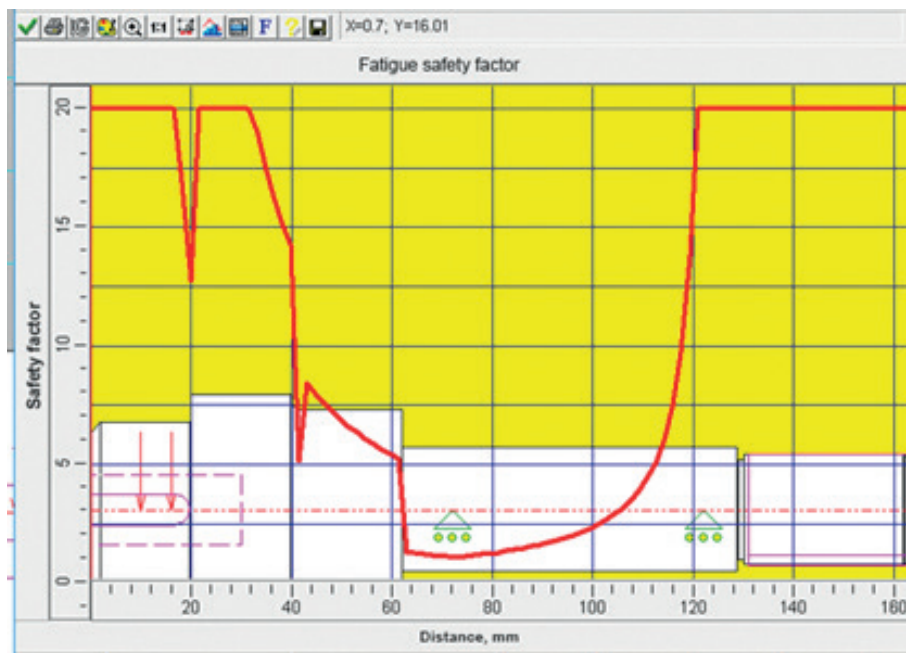


Figure 9. Fatigue safety factor diagram

Results and discussion

It was found that the direction and magnitude of the cutting force acting on the cutter during rotary machining differ significantly from the values obtained during conventional cutter operation, due to fundamental differences in tool kinematics and their installation relative to the machined surface (see Fig. 2).

From the diagram (see Fig. 8) it can be seen that the maximum moment is equal to -365.8 N·m and proves the correctness of the previously conducted calculation of the shaft for strength.

From the graph (see Fig. 9) we can see that the value of the safety factor for fatigue strength is greater than zero. The obtained results confirm the correctness of the chosen parameters of the part "shaft" and at the same time its strength and stiffness, as well as the carrying capacity are ensured.

Conclusion

It has been revealed that the most loaded node of the multi-blade rotary-friction tool is a part "shaft." Calculation of the bending strength of the shaft was performed. Calculation results were checked with the Apm Winmachine program, which confirmed their correctness.

References

1. Borisenko A.V. et al. Opyt primeneniya i puti sovershenstvovaniya vrashchayushchikhsya rezhushchikh instrumentov [Application experience and ways to improve rotating cutting tools] (Minsk, 1993, 189 p.) [in Russian].
2. Ermekov M. A., Makhov A. A. Statistiko-determinirovanny metod postroeniya mnogomernykh modeley s ispolzovaniem kompyutera: Uchebnoe posobie [Statistical-deterministic method of constructing multidimensional models using a computer: Textbook] (Karaganda: KPTI., 2008, 70 p.) [in Russian].
3. Rakishev A., Sagitov A., Donenbaev B., Sherov K.T., Tussupova S., Smakova N., Mazdubay A., Imanbaev Ye. Calculation of the multi-blade rotary-friction tool's cutting cupped cutter to strength in the ansyswb surrounding//Journal of Applied Engineering Science. -18(2020)4. – pp. 643 - 648. doi: <https://doi.org/10.5937/jaes0-24328>
4. Khodzhibergenov D.T., Esirkepov A., Sherov K.T. Rational milling of metals // Russian Engineering Research. -2015. - Volume 35. No1. – pp. 43-45. doi: <https://doi.org/10.3103/S1068798X1501013X>
5. Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Nasad T.G., Absadykov B.N., Izotova A.S., Okimbayeva A.E., Kuanov I.S. The research of the steel cutting blade reliability for thermo-frictional processing // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. -2020. -Volume 1, Number 439. -pp.122 – 130. doi: <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.15>
6. Sherov K.T., Donenbayev B.S., Sikhimbayev M.R., Kuanov I.S., Tazhenova G.D. The research of circular saw blade stability state for thermal frictional cutting by the method of calculation in the form of a hingeless circular arch//News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. -2022. -Volume 4, Number 454. –pp.240-251. doi: <https://doi.org/10.32014/2022.2518-170X.213>
7. Konovalov E.G., Sidorenko V.A., Sous A.V. Progressivnyye skhemy rotatsionnogo rezaniya metallov [Progressive schemes of rotary cutting of metals] (Minsk: Science and Technology, 1972, 272 p.) [in Russian].
8. Bobrov V.F., Ierusalimskiy D.E. Rezanie metallov samovrashchayushchimysya reztsami [Metal cutting with self-rotating cutters] (Moscow: Mechanical Engineering, 1972, 112 p.) [in Russian].
9. P.I. Yashcheritsyn, A.V. Borisenko, I.G. Drivotin, V.Ya. Lebedev. Rotatsionnoe rezanie materialov [Rotary cutting of materials] (Minsk: Science and Technology, 1987, 229 p.) [in Russian].
10. Menshakov V.M., Portnyagin V.I., Gatitulin M.N. Obrabotka uglerodnykh materialov rotatsionnymi instrumentami. Progressivnaya tekhnologiya chistovoy i odelochnoy obrabotki [Processing of carbon materials with rotary tools. Advanced finishing and finishing technology] (Chelyabinsk: CHPI, 1988, pp.16 -18.) [in Russian].
11. Donenbayev B.S., Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Absadykov B.N., Karsakova N.Zh. Using ANSYS WB for optimizing parameters of a tool for rotary friction boring // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. -2021. -Volume 3, Number 447 (2021). – pp. 20-27 doi: <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.57>
12. Konovalov E.G., Sidorenko V.A., Suz A.V. Progressivnyye skhemy rotatsionnoy rezki metalla [Progressive schemes of rotary metal cutting] (Minsk: Science and Technology, 1992, 272 p.) [in Russian].

Ротациялық-фрикциялық құрал білігінің иілу кезіндегі беріктігін есептеу

А.А. Сагитов^{1*}, К.Т. Шеров¹, Т.Г. Насад², Г.Б. Абдугалиева³, А.Е. Окимбаева³

¹С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

²Ю.А. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті, Саратов, Ресей

³Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

Андатпа. Қазіргі заманғы машина жасау технологиясында кесу процестері жетекші орын алады. Машина жасаудың көптеген салаларында, әсіресе жаппай өндірісте олардың еңбек шығындары мен өндірістік шығындары жалпы металл өңдеу шығындарының 40-60% құрайды. Қазіргі уақытта кескіш құралдарды қолданбай көп немесе аз күрделі машинаны жасау мүмкін емес. Осылайша, біз кесу арқылы өңдеу машина жасау технологиясының дамуына өзінің басым әсерін сақтап қалды және болашақта оның мәні прогрессивті жаңа өңдеу әдістерін қолдану арқылы тұрақты түрде артады деп толық құқықпен айта аламыз. Соңғысына ротациялық кесу әдісін жатқызуға болады. Авторлар өңдеуге қиын материалдардан жасалған бөлшектердің цилиндрлік беттерін өңдеуге арналған арнайы көп жүзді ротациялық-фрикциялық құралының құраламын әзірледі. Бұл мақалада ротациялық-фрикциялық құралының ең көп жүктелген түйіні «білік» бөлшегінің есептеу нәтижелері келтірілген.

Иілу үшін біліктің беріктігін есептеу орындалды. Есептеу нәтижелері Arm WinMachine бағдарламасының көмегімен тексерілді, бұл олардың дұрыстығын растады. Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігі қаржыландырады (грант № AP14972884).

Түйін сөздер: ротациялық-фрикциялық құрал, дискілі кескіш, беріктік, қаттылық, иілу моменті, кесу күші.

Расчет прочности вала ротационно-фрикционного инструмента на изгиб

А.А. Сагитов^{1*}, К.Т. Шеров¹, Т.Г. Насад², Г.Б. Абдугалиева³, А.Е. Окимбаева³

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан

²Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, Россия

³Қарагандинский технический университет имени А. Сагинова, Қараганда, Казахстан

Аннотация. Ведущее место в технологии современного машиностроительного производства занимают процессы резания. Во многих отраслях машиностроения, особенно в массовом производстве, их трудозатраты и производственные затраты достигают 40-60% от общих затрат на металлообработку. В настоящее время ни одно более или менее сложное изделие не может быть изготовлено без использования режущих инструментов. Таким образом, мы можем с полным правом утверждать, что обработка резанием сохранила свое преобладающее влияние на развитие технологии машиностроения, и в будущем ее значение будет неуклонно возрастать, во многом за счет использования прогрессивных новых методов обработки. И последнему по праву можно отнести так называемое ротационное резание. Авторами разработана конструкция специального многолезвийного ротационно-фрикционного инструмента для обработки цилиндрических поверхностей деталей из труднообрабатываемых материалов. В данной статье приводятся результаты расчета самого нагруженного узла многолезвийного ротационно-фрикционного инструмента детали «вал».

Выполнен расчет прочности вала на изгиб. Результаты расчета были проверены с помощью программы Arm Winmachine, который подтвердил их правильность. Данное исследование финансируется Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP14972884).

Ключевые слова: ротационно-фрикционный инструмент, чашечный резец, прочность, жесткость, момент изгиба, сила резания.

References

1. Borisenko A.V. et al. Opyt primeneniya i puti sovershenstvovaniya vrashchayushchikhsya rezhushchikh instrumentov [Application experience and ways to improve rotating cutting tools] (Minsk, 1993, 189 p.) [in Russian].
2. Ermekov M. A., Makhov A. A. Statistiko-determinirovanny metod postroeniya mnogomernykh modeley s ispolzovaniem kompyutera: Uchebnoe posobie [Statistical-deterministic method of constructing multidimensional models using a computer: Textbook] (Karaganda: KPTL, 2008, 70 p.) [in Russian].
3. Rakishev A., Sagitov A., Donenbaev B., Sherov K.T., Tussupova S., Smakova N., Mazdubay A., Imanbaev Ye. Calculation of the multi-blade rotary-friction tool's cutting cupped cutter to strength in the ansyswb surrounding//Journal of Applied Engineering Science. -18(2020)4. – pp. 643 - 648. doi: <https://doi.org/10.5937/jaes0-24328>
4. Khodzhbergenov D.T., Esirkepov A., Sherov K.T. Rational milling of metals // Russian Engineering Research. -2015. - Volume 35. No1. – pp. 43-45. doi: <https://doi.org/10.3103/S1068798X1501013X>
5. Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Nasad T.G., Absadykov B.N., Izotova A.S., Okimbayeva A.E., Kuanov I.S. The research of the steel cutting blade reliability for thermo-frictional processing // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. -2020. -Volume 1, Number 439. -pp.122 – 130. doi: <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.15>
6. Sherov K.T., Donenbayev B.S., Sikhimbayev M.R., Kuanov I.S., Tazhenova G.D. The research of circular saw blade stability state for thermal frictional cutting by the method of calculation in the form of a hingeless circular arch//News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. -2022. -Volume 4, Number 454. –pp.240-251. doi: <https://doi.org/10.32014/2022.2518-170X.213>
7. Konovalov E.G., Sidorenko V.A., Sous A.V. Progressivnyye skhemy rotatsionnogo rezaniya metallov [Progressive schemes of rotary cutting of metals] (Minsk: Science and Technology, 1972, 272 p.) [in Russian].
8. Bobrov V.F., Ierusalimskiy D.E. Rezanie metallov samovrashchayushchimisya reztsami [Metal cutting with self-rotating cutters] (Moscow: Mechanical Engineering, 1972, 112 p.) [in Russian].
9. P.I. Yashcheritsyn, A.V. Borisenko, I.G. Drivotin, V.Ya. Lebedev. Rotatsionnoe rezanie materialov [Rotary cutting of materials] (Minsk: Science and Technology, 1987, 229 p.) [in Russian].
10. Menshakov V.M., Portnyagin V.I., Gatitulin M.N. Obrabotka uglerodnykh materialov rotatsionnymi instrumentami. Progressivnaya tekhnologiya chistovoy i otdelochnoy obrabotki [Processing of carbon materials with rotary tools. Advanced finishing and finishing technology] (Chelyabinsk: CHPI, 1988, pp.16 -18.) [in Russian].
11. Donenbayev B.S., Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Absadykov B.N., Karsakova N.Zh. Using ANSYS WB for optimizing parameters of a tool for rotary friction boring // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. -2021. -Volume 3, Number 447 (2021). – pp. 20-27 doi: <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.57>
12. Konovalov E.G., Sidorenko V.A., Suz A.V. Progressivnyye skhemy rotatsionnoy rezki metalla [Progressive schemes of rotary metal cutting] (Minsk: Science and Technology, 1992, 272 p.) [in Russian].

Information about authors:

A. *Sagitov* – Master of Technical Sciences, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Zhenis Ave., Astana, 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, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 77 Politechnicheskaya Str., Saratov, Russia.

G. *Abdugaliyeva* – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

A. *Okimbayeva* – Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

А.А. Сагітов – техника ғылымдарының магистрі, постдокторант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

К.Т. Шеров – техника ғылымдарының докторы, профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

Т.Г. Насад – техника ғылымдарының докторы, профессор, Ю. А. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті, Политехникалық көш., 77, Саратов, Ресей.

Г.Б. Абдугалиева – техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, А. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

А.Е. Окимбаева – техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, А. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

А.А. Сагітов – магистр технических наук, постдокторант, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

К.Т.Шеров–доктортехническихнаук,профессор,Казахскийагротехническийисследовательский университет имени С.Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

Т.Г. Насад – доктор технических наук, профессор, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., ул. Политехническая, 77, Саратов, Россия.

Г.Б. Абдугалиева – кандидат технических наук, старший преподаватель, Карагандинский технический университет имени А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

А.Е. Окимбаева – магистр технических наук, старший преподаватель, Карагандинский технический университет имени А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

A. Dahham*, A.Zh.Kassenov, K. Abishev

Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

E-mail: *abbas.dahham2015@gmail.com, Asylbek_kasenov@mail.ru, abishev.k@tou.edu.kz

Design and Performance of 1.5-Meters Radius Wind Turbine under High Wind Speeds Condition

Abstract. *Global warming is a serious challenge to civilizational development due to the increase in temperature because of exhaust gases. These gases, produced by burning fossil fuels, should reduce or replace the way energy is generated using renewable energy sources. Our study shows the ability of 1.5-meter reduce wind turbine to create a mechanical power to drive some mechanical devices under high wind speed conditions. This type of devices needs approximately 1460 watt (2 horses); the turbine designed with angle blade Beta 2 degrees and Lambda 10 to reach maximum benefit from the wind.*

The turbine is exposed to variable wind, as a result, the turbine generates the required power when the wind speed is from 9.3 to 9.7 m/s, when the generated power is less than the required one, the device can work with less efficiency, and more power is better within the limits that do not damage device.

Keywords: *renewable energy, small wind turbine, mechanical power, small devices power.*

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-20-28

Introduction

Excluded is the history of studying gas exhaust vehicle components on human health and environmental coverage from 1930 to 2014. According to literature data, the most dangerous components of exhaust gases are gases (SO₃, NO_x), polyromantic hydrocarbons (pyrene, phenan, acenaptylene and fluoranthene), particulate matter PM1 and PM25 (soot, ash, metal oxides and salt).

It has been shown that the conversion of car stone (Catalytic converter) to new types of fuel (biodiesel, hybrid electrical installations, bioethanol) does not reduce the harmful effects of exhaust gases on the city's ecology and human health. The mechanism of the negative effect of engine exhaust, according to the literature, is the induction of a local inflammatory reaction in the airways, and then a systemic inflammatory reaction [1].

To date, the global fleet of vehicles exceeds 600 million units, of which 83-85% are cars, 15-17% are trucks and buses. If you put them bumper to bumper, you get a 4 million km long ribbon that could encircle the earth around the equator 100 times. The share of vehicles in air pollution in cities reaches 70-90%, which creates fairly stable and extended zones, within which sanitary and hygienic standards for air pollution are exceeded several times [2].

Climate change is changing our economies, health and communities in many ways. Scientists warn that if we fail to substantially stop climate change at this stage, the consequences could be catastrophic. One of the most negative effects is hurricanes, tornadoes and other storms caused by climate change and water evaporation may become more frequent [3].

The constant emission of nitrogen oxides in recent years is mainly associated with the development of vehicles. In addition, the trend towards fuller use of fuel also results in higher NO emissions, as higher engine efficiency is associated with higher temperatures. The number

of emissions also grows with an increase in the speed of traffic, and it is nonlinear: the amount of NO grows faster. Thus, the concentration of NO on highways also increases with increasing vehicle speed. Anthropogenic pollution of the atmosphere with nitrogen oxides becomes critical in densely populated cities, where precipitation is more frequent. The highest concentration of emissions in cities reaches 800-1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Emissions of the seven most common harmful emissions estimated: oxide, hydrocarbons, nitrogen dioxide, soot, sulfur dioxide, lead compounds and heavy emissions. On average, the total mass of polluting emissions from mobile sources is about 12 million tons per year, including from road transport - 95%, air transport - 2.5%, sea and river transport - 2.8% [3].

Actually, there is not enough research about the alternative ways to use renewable energy under high wind speed conditions. There are some attempts to create mechanical powers enough for small devices in different ways as following:

Related to vehicles, the compressor is one of the important devices that need to find clean resource to drive it. One way mentioned by studies is that reduce the heat load inside the vehicle to reduce time needs to operate the compressor. Thus, reduce the fuel consumption [4].

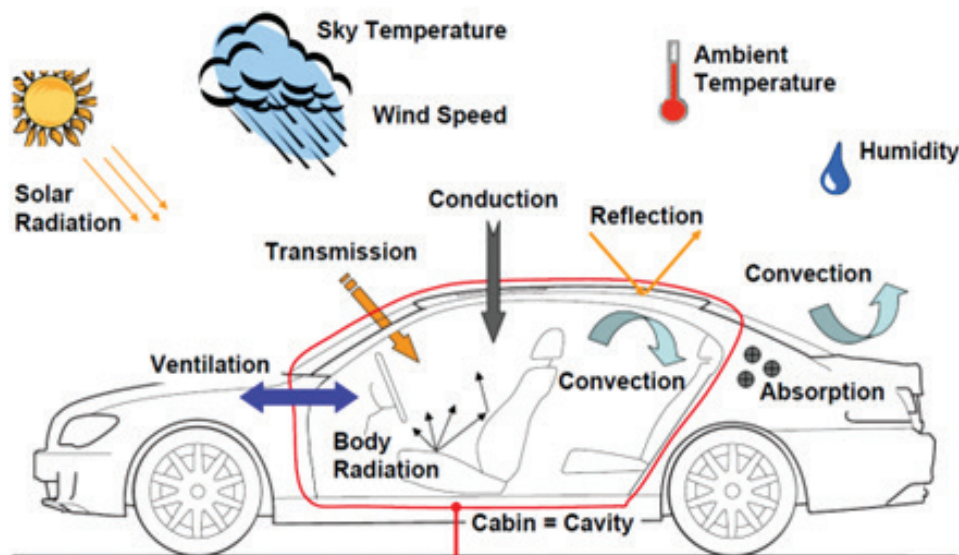


Figure1. Thermal imbalance [4].

A number of tests carried out to study the fuel consumption of various types of vehicles and weather conditions. Two series of tests have done, the results showed that the air conditioner could consume fuel from 1.0 to 2.45 l / 100 km (from 21 to 53%) [5,6]. Researchers have found many ways to reduce excessive fuel consumption through air conditioning. One made using a variable displacement compressor (VCC) that used some scientists [6]. Not all of these studies have used renewable energy to drive small devices.

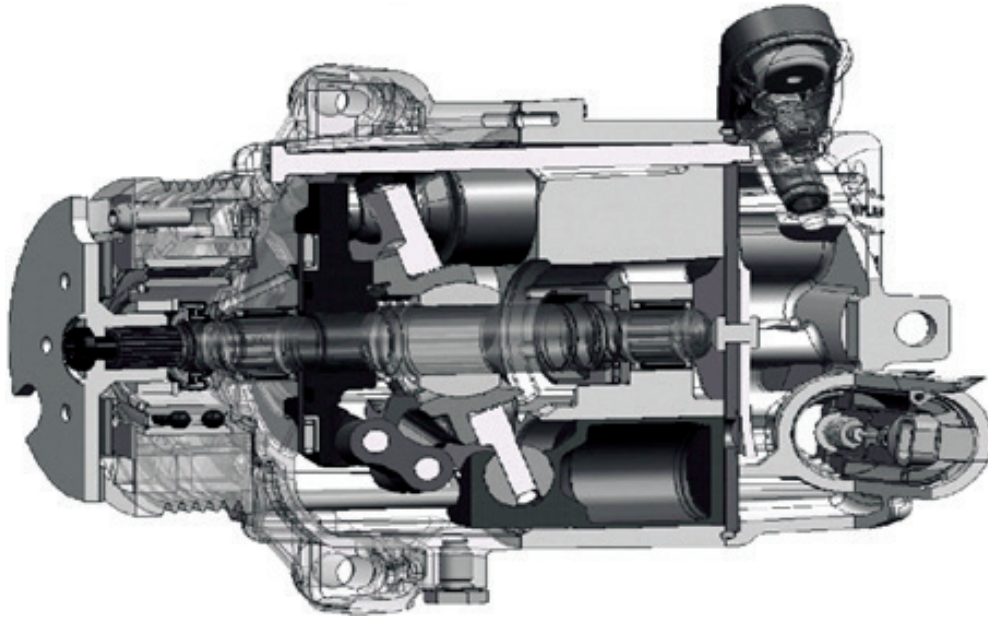


Figure 2. Variable displacement compressor (VCC) [6]

There are lots of attempt that used turbine as alternative energy. One of them is using turbine on the car as shown in figure below

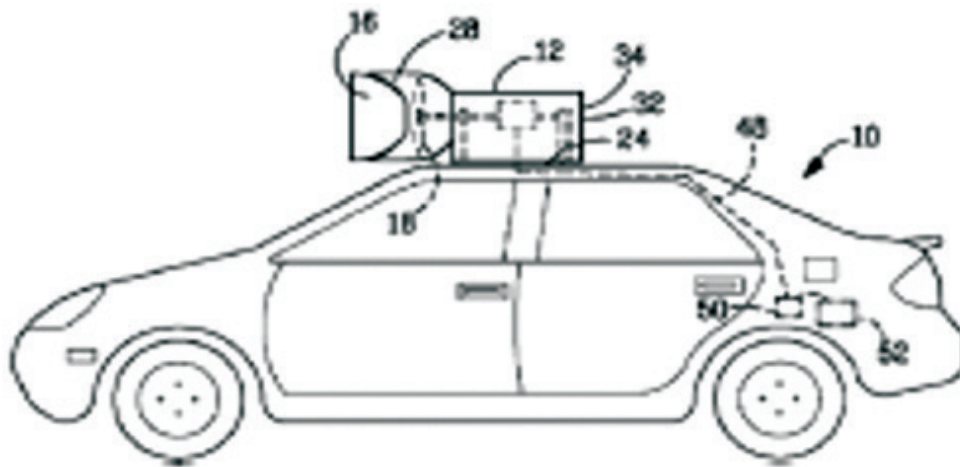


Figure 3. Model of wind turbine to generate energy [7]

The turbine can be a promising tool to utilize wind energy to generate electricity from self-renewing resources to power the car [7].

Also, A Chinese farmer has invented a wind-powered electric car that he says could save his country from the pollution caused by its rapidly growing car market [8].



Figure 4. Chinese farmer wind turbine [8]

This study illustrates ability of use 1.5-meter radius ordinary wind turbine to generate optimal mechanical power for some small devices about 1460 watt (2-horsepower) to reduce fuel consumption and its exhausted gases and to determine alternative method to drive the devices by using renewable energy under high wind speed.

Mathematical method equations

The mechanical power obtain from the turbine can be count by following many different equations, some that depend on the number of blades and others without takes it in account but depending on the prevent experiments. For this type of turbines that deals with slow wind speed does not exceed 20 m/s we can take the number of blade only 3 blades to avoid the damage or burn the turbine. The general equation can expresse as follows:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * S * V^3 \quad (1)$$

where ρ is the air density 1.204 kg/m³;

S – washed area²;

V – wind speed m/s.

In any case, this is an equation for optimal conditions, where in 1916 the German scientist Albert Betz found that the power available from wind power is (59.3%) the kinetic energy of the wind, so

$$P_{avail} = P_v * C_p \quad (2)$$

From the equation above important factor in turbines, that called the turbine power coefficient C_p

$$C_p = \frac{P_{avail}}{P_v} \quad (3)$$

Therefore, the final power equation is as follows:

$$P = C_p * \frac{1}{2} * \rho * S * V^3 \quad (4)$$

Turbine Modeling Assumptions

There is an assumption to start modeling the turbine in ideal conditions:

1. Consider the blades to be the same and homogeneous, having the same moment of inertia and the same parameters;
2. The coefficient of friction for air is zero;
3. The wind speed is uneven when it enters the zone of the turbine blades.

Results and discussion

Fossil fuel emissions have a detrimental effect on the climate, and people have prompted many scientists to think about finding alternative energy. The energy that promises a good and sustainable future without harmful emissions is wind energy. Therefore, in this experiment, an attempt was made to find the power to drive large devices that consume little power without consuming 2-horsepower. By applying the equation related to wind flow in Matlab as shown below.

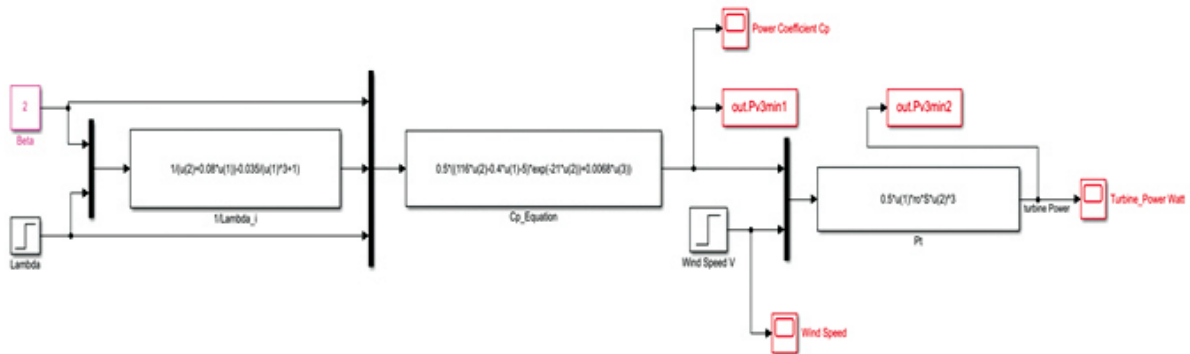


Figure 5. Representing and finding the power coefficient and turbine power by Matlab

As shown in the Figure 5 the wind range applied on the turbine which is between 9.3 to 9.7 m/s gives the required amount of mechanical power to drive the specific device as shown in the figures below:

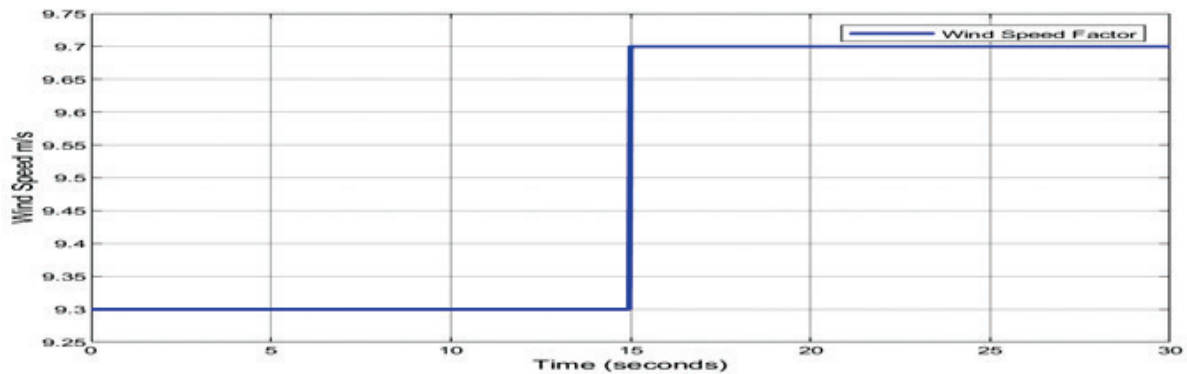


Figure 6. Wind Speed variety through the time

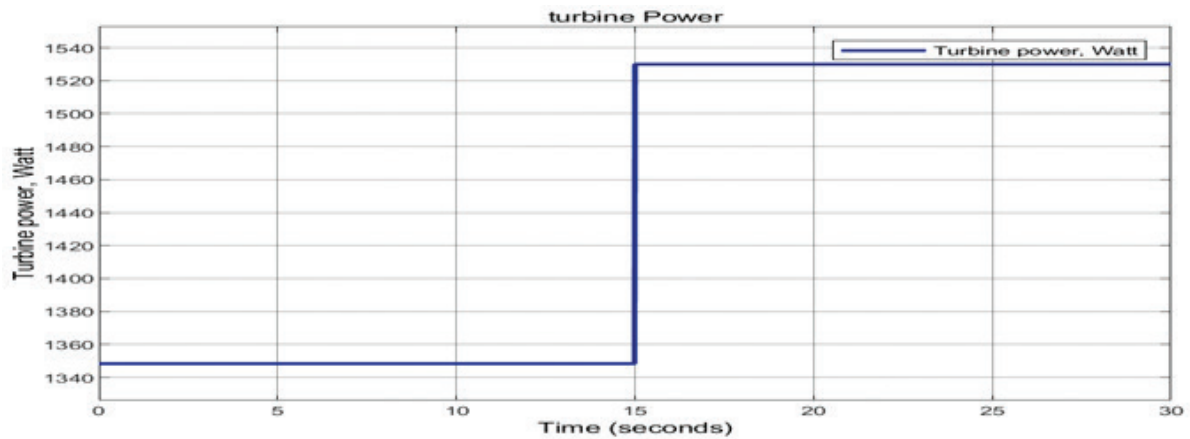


Figure 7. Mechanical power at wind speed around 9.3 to 9.7

In addition, it can be seen from the figures that in order to achieve high power, the wind speed should be about 9.55 m/s that achieves the require energy for small devices like air conditioner compressor that is about 1460 watt (2-horsepower).

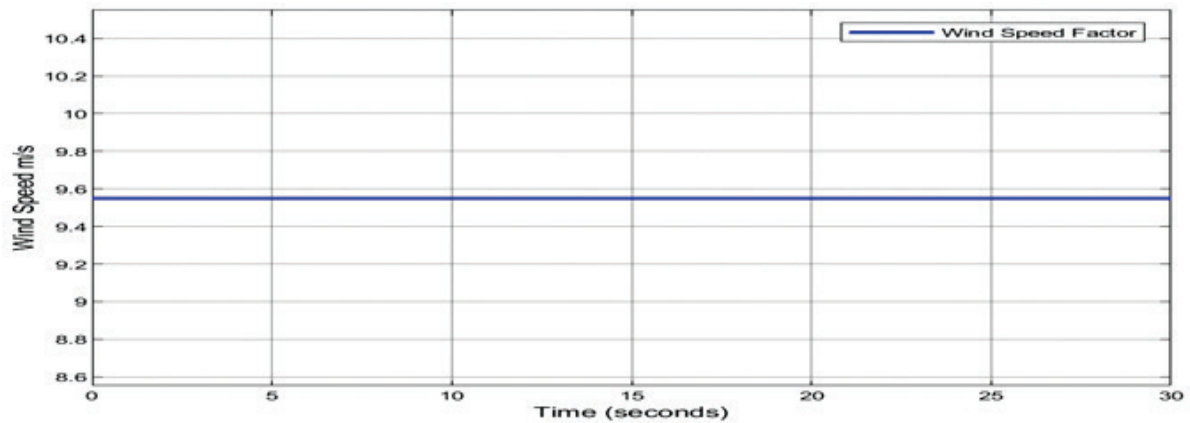


Figure 8. Wind speed fixed at 6m/s

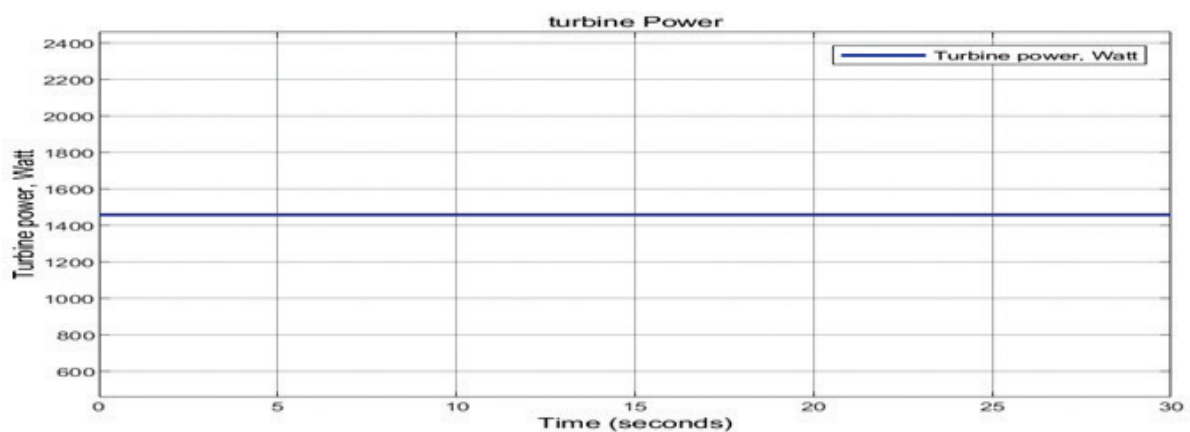


Figure 9. Turbine power at fixed wind speed 9.55 m/s

The device could work with low efficiency at low wind speed. Although high wind speeds give good operating conditions, they do not exceed the damage limit.

Conclusion

The renewable energy is the best way to reduce the negative effect of the exhausted gases produced from the fossil fuel. One of the renewable energy sorts is the wind energy. Based on experience, wind turbines give zero emissions, but we can only get 59% of wind energy depending on the Betz limit. For a turbine with a radius of 1.5 meters, the mechanical power required for specific devices can be obtained with a wind speed of about 9.55 m/s, where gives about 1460 watt (2 horsepower) for optimal condition. However, at low wind speed, the device could work with less efficiency and for high wind speed could work better if it does not exceed the speed that damages the device.

References

1. Ichingyur Yu., Altiparmak D. Vliyanieczetanovogochislatoplivaidavleniyavpry`skanakarakteris tikiivy`brosy` dizel`nogodvigatelya s pryamy`mvpry`skom. Preobrazovanie`nergiiupravlenie [Effect of fuel cetane number and injection pressure on a DI Diesel engine performance and emissions], *ЕІСЕВІЕР [ELSEVIER]*, 44, 389-397 (2003).[https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(02\)00063-8](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(02)00063-8). Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890402000638>. [in Russian].(accessed 08.04.2023).
2. Gogoladze O. Global`noe poteplenie izmenit Zemlyu ot avtomobilistov [Global warming will change the Earth from motorists]. Available at: <https://hightech.plus/2018/08/22/globalnoe-poteplenie-izbavit-zemlyu-ot-avtomobilistov2018-08-22.htm> (accessed 01.05.2023).
3. Khinvud A. Novy`jotchet: issledovanie problem, svyazanny`kh s modifikaciejsolnechnojradiaczi i. Novosti OON [New report: A study of the problems associated with the modification of solar radiation. UN news]. Available at:<https://www.unep.org/ru/novosti-i-istorii/istoriya/novyy-otchet-issledovanie-problem-svyazannykh-s-modifikaciey-solnechnoy> 2023-02-28.htm (accessed 25.03.2023).
4. Khuang K.D. Intellektual`naya sistema avtomobil`noj ventilyaczii na solnechny`kh batareyakh [Intelligent Solar Vehicle Ventilation System], *Prikladnaya e`nergetika [Applied Energy]*, 80, (2), 141-154 (2005).
5. Fayazbakhsh M. A., Bahrami M. Comprehensive modeling of vehicle air conditioning loads using heat balance method //SAEtechnicalpaper. – 2013.– T. 2013.–C. 1507.DOI: 10.4271/2013-01-1507. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/269250427>. (accessed: 01.01.2023).
6. Zima M. Wang M. Kadle P. Bona J. Improving the Fuel Efficiency of mobile A\C Systems with Variable Displacement Compressor //SAEtechnicalpaper. 2014-01-0700. DOI: 10.427/semi.2014.01.0700. – URL: <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2014-01-0700/>. (accessed: 01.05.2023).
7. <https://alcse.org/the-american-wind-powered-car/> (accessed: 25.03.2023).
8. <https://www.zdnet.com/article/chinese-farmer-builds-his-own-wind-powered-car> (accessed: 25.03.2023).

А.В. Дахам, А.Ж. Қасенов, К.К. Әбішев

Торайғыров Университеті, Павлодар, Қазақстан

Жоғары жел жылдамдығы жағдайында радиусы 1,5 метрлік жел турбиасы дизайны мен тиімділігі

Аңдатпа. Жаһандық жылыну – пайдаланылған газдардың әсерінен температураның жоғарылауына байланысты өркениеттің дамуы үшін күрделі сынақ. Қазба отындарын жағу арқылы өндірілетін бұл газдар жаңартылатын энергия көздерін пайдалану арқылы энергия өндіру әдісін азайтуы немесе ауыстыруы керек. Біздің зерттеуіміз желдің жоғары жылдамдығы жағдайында кейбір механикалық құрылғыларды жүргізу үшін 1,5 метрлік жел турбиасының механикалық қуат өндіру қабілетін көрсетеді. Құрылғының бұл түрі шамамен 1460 ватт (2 ат күші) қажет; Турбина желдің пайдасын барынша арттыру үшін Beta 2 градус және Lambda 10 қалақ бұрышымен жасалған. Турбина ауыспалы желдің әсеріне ұшырайды, соның нәтижесінде турбина желдің жылдамдығы 9,3-тен 9,7 м/с-қа дейін қажетті қуатты өндіреді, қажетті қуаттан аз болса, құрылғы аз тиімділікпен жұмыс істей алады, ал электр қуаты көп болады құрылғыны зақымдамайтын шекте жақсырақ.

Түйін сөздер: жаңартылатын энергия, желтурбинасы, механикалық энергия, шағын құрылғылардың қуаты.

А.В. Дахам, А.Ж. Касенов, К.К. Абишев
Торайғыров Университет, Павлодар, Қазақстан

Проектирование и эффективность ветряной турбины радиусом 1,5 метра в условиях высокой скорости ветра

Аннотация. Глобальное потепление представляет собой серьезный вызов цивилизационному развитию из-за повышения температуры из-за выхлопных газов. Эти газы, образующиеся при сжигании ископаемого топлива, должны сократить или заменить способ производства энергии с использованием возобновляемых источников энергии. Наше исследование показывает способность 1,5-метровой ветряной турбины создавать механическую мощность для привода некоторых механических устройств в условиях высокой скорости ветра. Для этого типа устройств требуется примерно 1460 Вт (2 лошадиные силы); турбина спроектирована с углом наклона лопастей Beta 2 градуса и Lambda 10 для получения максимальной выгоды от ветра. Турбина подвергается воздействию переменного ветра, в результате чего турбина вырабатывает требуемую мощность при скорости ветра от 9,3 до 9,7 м/с, при вырабатываемой мощности меньше необходимой устройство может работать с меньшим КПД, и больше мощность лучше в пределах, которые не повреждают устройство.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, ветродвигатель, механическая энергия, мощность малых устройств.

References

1. Ichingyur Yu., Altiparmak D. Vliyanie chetana novogochislato plivaidavleniyavpry`skanakharakteristikiiv`brosy` dizel`nogodvigatelya s pryamy`mvpry`skom. Preobrazovanie i nergii upravlenie [Effect of fuel cetane number and injection pressure on a DI Diesel engine performance and emissions], [ELSEVIER], 44, 389-397 (2003). [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(02\)00063-8](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(02)00063-8). Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890402000638>. [in Russian]. (accessed 08.04.2023).
2. Gogoladze O. Global'noe poteplenie izmenit Zemlyu ot avtomobilistov [Global warming will change the Earth from motorists]. Available at: <https://hightech.plus/2018/08/22/globalnoe-poteplenie-izbavit-zemlyu-ot-avtomobilistov2018-08-22.htm> (accessed 01.05.2023).
3. Khinvud A. Novy`jotchet: issledovanie problem, svyazanny`kh s modifikatsiejsolnechnojradiaczii. Novosti OON [New report: A study of the problems associated with the modification of solar radiation. UN news]. Available at: <https://www.unep.org/ru/novosti-i-istorii/istoriya/novyy-otchet-issledovanie-problem-svyazannykh-s-modifikatsiey-solnechnoy-2023-02-28.htm> (accessed 25.03.2023).
4. Khuang K.D. Intellektual'naya sistema avtomobil'noj ventilyaczii na solnechny`kh batareyakh [Intelligent Solar Vehicle Ventilation System], *Prikladnaya e`nergetika [Applied Energy]*, 80, (2), 141-154 (2005).
5. Fayzabakhsh M. A., Bahrami M. Comprehensive modeling of vehicle air conditioning loads using heat balance method //SAE technical paper. – 2013.– T. 2013.– С. 1507. DOI: 10.4271/2013-01-1507. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/269250427>. (accessed: 01.01.2023).
6. Zima M. Wang M. Kadle P. Bona J. Improving the Fuel Efficiency of mobile A\C Systems with Variable Displacement Compressor //SAE technical paper. 2014-01-0700. DOI: 10.4271/2014-01-0700. – URL: <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2014-01-0700/>. (accessed: 01.05.2023).
7. <https://alcse.org/the-american-wind-powered-car/> (accessed: 25.03.2023).
8. <https://www.zdnet.com/article/chinese-farmer-builds-his-own-wind-powered-car> (accessed: 25.03.2023).

Information about authors:

A. Dahham – PhD student, Toraighyrov University, 64 Lomov Str., Pavlodar, Kazakhstan.

A. Kassenov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Toraighyrov University, 64 Lomov Str., Pavlodar, Kazakhstan.

K. Abishev – Candidate of Technical Sciences, Professor, Toraighyrov University, 64 Lomov Str., Pavlodar, Kazakhstan.

А.В. Дахам – докторант, Торайғыров университеті, Ломов көш., 64, Павлодар, Қазақстан.

А. Қасенов – Техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Торайғыров университеті, Ломов көш., 64, Павлодар, Қазақстан.

К. Әбішев – Техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Торайғыров университеті, Ломов көш., 64, Павлодар, Қазақстан.

А.В. Дахам – докторант, Торайғыров университет, ул. Ломова, 64, Павлодар, Қазақстан.

А.Ж. Касенов – кандидат технических наук, доцент, Торайғыров университет, ул. Ломова, 64, Павлодар, Қазақстан.

К.К. Абишев – кандидат технических наук, профессор, Торайғыров университет, ул. Ломова, 64, Павлодар, Қазақстан.

A. Adamova¹, T. Zhukabayeva¹, Khu Ven-Tsen²

¹Astana IT University, Astana, Kazakhstan

²M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

E-mail: *Aigul.adamova@astanait.edu.kz

Internet of Things: Security and Privacy standards

Abstract. *Ensuring security in the interaction of the Internet of Things (IoT) has focused the attention of many researchers. At present, the issue of standards is a very complex and important one that directly affects both the development and implementation of the Internet of Things in everyday life. There are many standards and protocols that may not be consistent across different layers of the architecture. This paper provides an overview of the current International Internet of Things Security Standards, which are discussed in various aspects such as terminology, architecture models, security and integration scenarios, classification and protocols. A comparative analysis of standards and related research is conducted to help inform decisions about the security of IoT systems during their development and production. This research aims to overcome the difficulties encountered and develop practical recommendations for the selection of controls and security of connected IoT devices. The research methodology included identification of gaps in IoT standards, analysis of existing problems and proposed solutions.*

Keywords: *Internet of Things, security, communication, standard, attack.*

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-29-40

Introduction

Modern achievements of scientific and technological progress in the field of information technology and communications have led to the emergence and explosive development of a qualitatively new type of information and communication networks, called the Internet of Things (IoT). IoT is a network of actively interacting physical objects and technologies, in which the exchange of information between connected devices and systems is provided through the Internet [1].

IoT is the basis and driving force for a wide range of smart applications that have been developed at the level of facilities of various sizes – from smart home to smart city, smart industries and industry in general, education and healthcare, agro-industrial sector, etc. With each day, the number of connected objects and devices of the Internet of Things is constantly and rapidly increasing, in connection with the problems inherent in information and telecommunication networks, in particular, ensuring IoT security [2-4]. Measures were aimed at solving these problems, including the adoption of international standards for the unification of IoT systems, ensuring their interoperability and security.

The development and adoption by international organizations of various Internet security standards is an effective measure. However, with the abundance of these standards, determining the most appropriate in each specific case can be difficult. In this regard, it seems practically important and relevant to conduct a comprehensive comparative analysis of international IoT security standards to facilitate the adoption of appropriate decisions in their development and production.

Today, organizations such as ENISA, NIST and a number of others are successfully operating and have published security requirements for IoT products [3, 4]. Along with this, many countries (USA, Australia, Great Britain, Singapore, etc.) have developed and implemented regulatory documents that help reduce the risks from cyber-attacks.

In 2019, the European Telecommunications Standards Institute (ETSI) Technical Committee Cybersecurity (TC CYBER) published the first cybersecurity standard for consumer devices in the Internet of Things (ETSI TS 103 645) category.

In 2020, the ETSI TC CYBER released an update to the IoT security standard TS 103 645 – ETSI EN 303 645, “which establishes a security baseline for Internet-connected consumer products and provides a foundation for future IoT certification schemes.” It is currently the most widely used standard in this area. Its role in Europe is to support European regulation and legislation through the development of harmonized European standards. It has 900 members from over 60 countries, many of which are outside the EU, such as Vietnam, Finland, Singapore.

In 2022 NIST published its *Baseline Security Criteria for Consumer IoT Devices*. 2022, the standard was developed based on the NIST white paper: *Recommended Criteria for Cybersecurity Labeling for IoT Consumer Products*. The work of ISO/IEC, an international non-governmental organization, is also relevant. Although less accepted at present, he has published a number of standards including ISO/IEC 27402.

In 2021, India introduced the standard *Code of Practice for Securing Consumer Internet of Things (IoT) (TEC 31318:2021)*, an approach based on ETSI TS 103 645 and EN 303 645. It is also expected that ETSI TS Standard 103 701 (Cybersecurity Assessment for Consumer IoT Products) will help in the implementation of these recommendations.

In 2020, the Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan (METI) launched *IoT Security Safety Framework* (IoT-SSF).

In 2020, the South Korean Internet and Security Agency (KISA) released *Guidelines on Automated Processing (Guidelines), Internet of things (IoT), and Privacy by Design*.

In 2020, Russia developed national standards for the secure Internet of things. They were created by the Cyber-Physical Systems technical committee on the basis of RVC and Kaspersky Lab [5].

To ensure the security of IoT systems, it is necessary to take into account the compatibility and commonality of the applied standards. International standards ensure interoperability by listing protocols, rules, guidelines and characteristics that are defined and approved by authorized organizations. Interoperability and security are also supported by the adoption of standards in the development and management of IoT systems.

Methodology

The ongoing research was aimed at identifying gaps and problems in the current international IoT security standards. At the first and second stages, research papers were searched in the IEEE Xplore, Google Scholar, Science Direct databases using the keys “IoT Security Standard”, “IoT Security Challenges” for 2022-2023. At the third stage, the search was carried out using double keys - “IoT Security” and “Open Problems” or “IoT Security” and “IoT Security Challenges”. At the fourth stage, an analysis was made of the selection of works in the direction of the study. At the final fifth stage, works were selected that have open access for the analysis of the proposed solutions (Fig. 1).

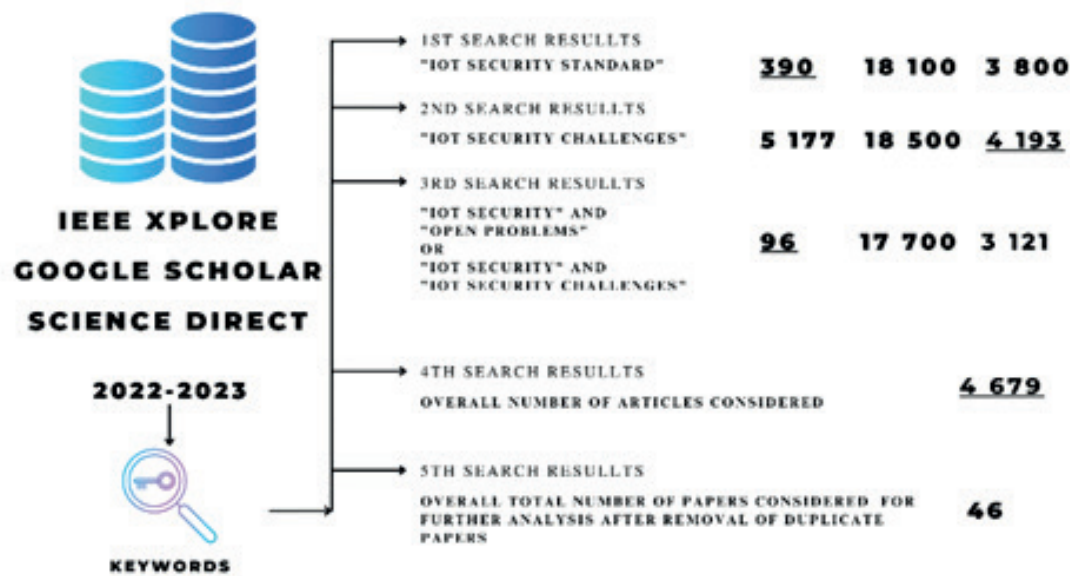


Figure 1. Research Methodology

IoT Device Security Scores by Country

With the rapid growth of IoT in various sectors, there is an increase in the number of recorded attacks in them. The above map shows the definition of countries by the number of attacks committed in 2022. Countries with the highest percentage of attacks are highlighted in red, countries with the lowest number of attacks are highlighted in green, countries with an average percentage are shown in yellow and blue. As it turned out, the number of attacks directly depends on the number of connected devices in IoT systems, low percentages do not guarantee better protection, and with an increase in the use of IoT devices, the indicators can increase dramatically (Fig. 2).

According to SOURCE, the TOP countries with the lowest rate of telnet attacks include Haiti, Tajikistan, Algeria, Qatar and Tajikistan for attacks based on SSH. With the highest rate of telnet attacks are – India, China, Egypt; for attacks based on SSH – China, United States.

Data presented in [6] show that Telnet vulnerabilities can be exploited by attackers and provide access to IoT devices, allowing you to change devices and monitor any data transmitted. SSH is used for remote login, command execution, file transfer, and more. SSH brute force attacks are often achieved by having the attacker try a common username and password on thousands of servers until they find a match. [7].

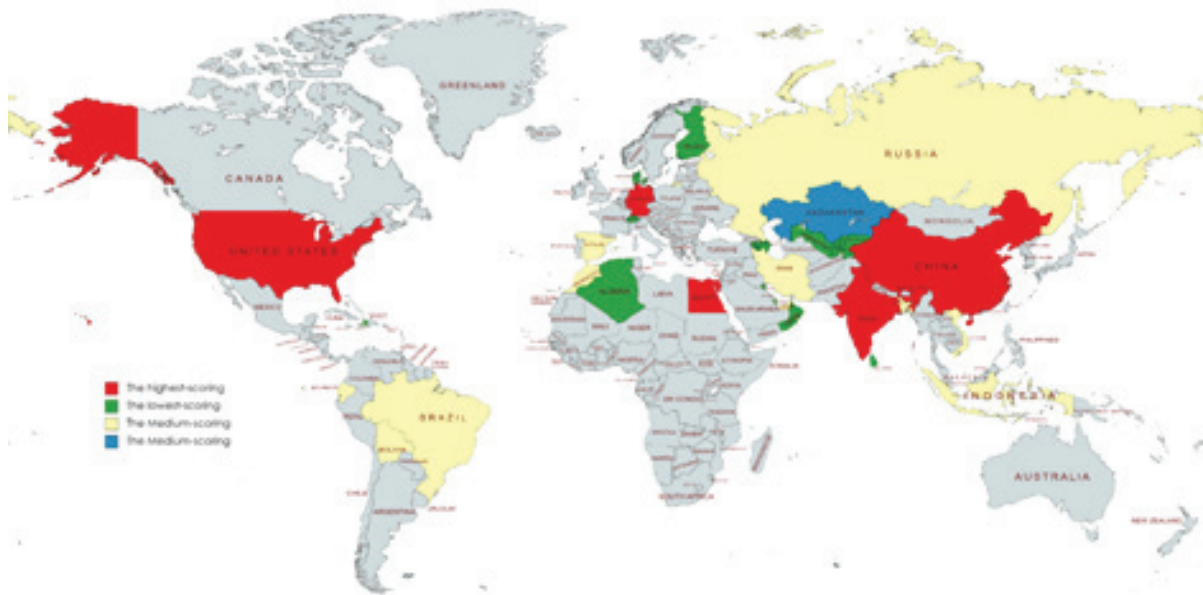


Figure 2. TOP countries with the lowest/highest rate

Description of standards

Standards are mainly formed in the following categories:

- definitions of basic IoT security terms introduces the concept of basic security of IoT devices and unifies the understanding and use of terms in the direction;
- architecture models – consideration of various IoT architectures, and definition of functions, relationships, communication with the cloud, etc.;
- security scenarios – consideration of various types of scenarios, provision of IoT security requirements;
- security integration – security at all levels of the infrastructure, through the planning and implementation of IoT;
- security classification – basic principles, measurements, IoT security methods and basic support for the implementation of hierarchical control;
- security protocols – consideration between the IoT platform, the gateway, the terminal itself and the equipment, including wired protocol security, wireless protocol security, storage protocol security, etc.

IoT devices are defined by having an embedded operating system that does not support the installation of security agents such as antivirus and is not suitable for frequent software updates. The standards apply to all IoT devices connected to the network [8, 9]. Table 1 lists the names of international standards with an example and description.

Table 1. Standards of IoT security

Standard	Description	Data
ISO/IEC	related to information technology, security techniques, privacy, incidence response, risk management (total 80 standards)	
ISO/IEC 27400:2022	guidelines on risks, principles and controls for security and privacy of IoT solutions	2022-06
ETSI	focus on Smart cities, Smart Grids, Smart Metering, Smart Body Area Networks, Smart Cards, Different area of cybersecurity, Different area of IoT (total 32 standards)	
ETSI GS MEC 033 V3.1.1 (2022-12)	multiple Access Edge Computing (MEC); IoT API	2022-12
ETSI SR 003 680 V1.1. (2020-03)	smartM2M; Guidance on security, privacy and interoperability in defining an IoT system; Specific Approach	2020-03
ETSI TR 103 778 V1.1. (2021-12)	smartM2M; Use cases for cross-domain use of IoT device data	2021-12
NIST	guide to Software, IoT Security and Labeling	
NIST IR 8454	evaluation and standardization of lightweight cryptographic algorithms suitable for use in restricted environments	2023-02
NIST 800-82	industrial System Security	2015-05
IEEE	a method for data sharing, interoperability, and security of messages over a network, where sensors, actuators and other devices can interoperate, regardless of underlying communication technology.	
IEEE 2668-2022	IoT maturity index	2022-12
ANSI/ISA	focus on processes, techniques and requirements for industrial automation and control systems	
ANSI/ISA/IEC 62443	security for Industrial Automation and Control Systems	2018-02

In 2022, the UK Telecommunications Infrastructure Security Bill was passed which would require IoT device manufacturers to no longer use default passwords, confirm how long security updates will be provided after a device is launched, and disclose known vulnerabilities.

The EU has also taken steps to improve the security of all IoT devices sold in Europe, where security is not currently provided. The proposed European Cyber Resilience Act requires IoT devices to have “an appropriate level of cybersecurity enabled in devices” by default, prohibits the sale of products with known vulnerabilities, and requires minimizing the impact of security incidents. While the implementation of the necessary security controls is yet to be determined, these are critical initial steps to promote the adoption of widespread security controls for IoT devices in Europe.

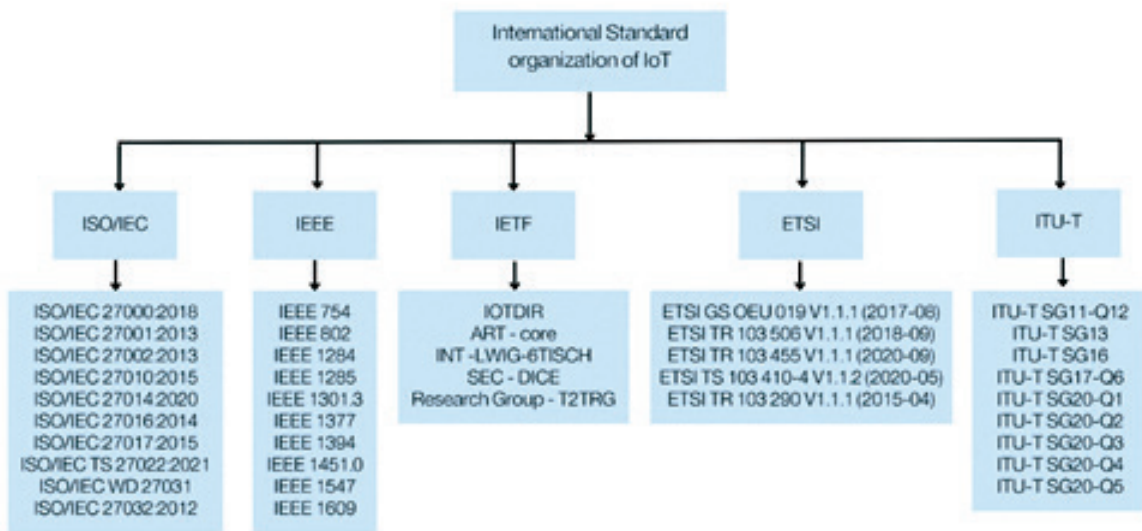


Figure 3. International Standard

Figure 4 shows suggested possible solutions that contribute to the security of systems deployed within the IoT.

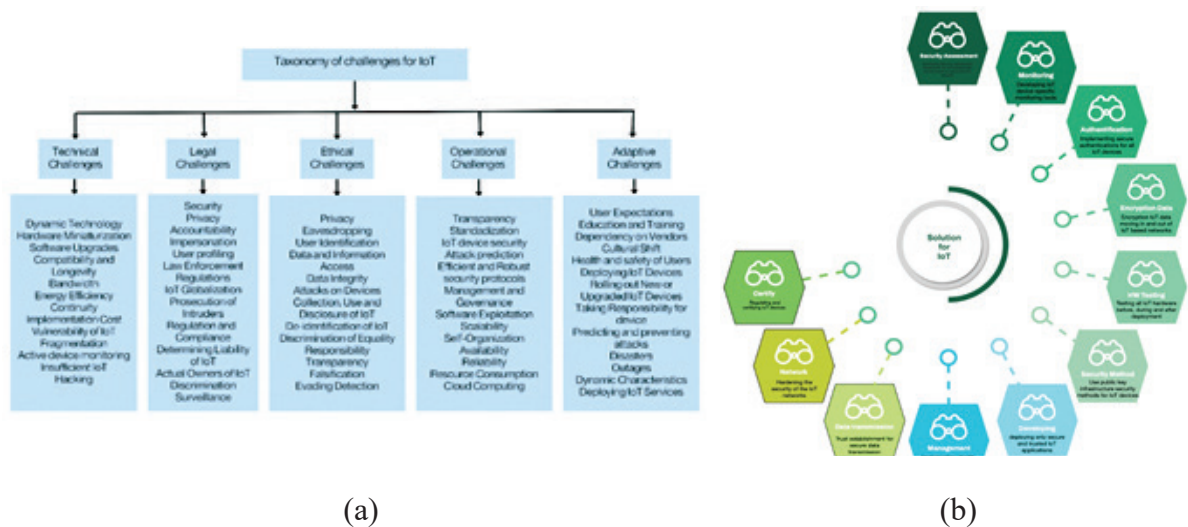


Figure 4. Taxonomy of Challenges (a) and Suggested solutions (b)

Review of Works

Table below provides an overview and analysis of published papers on the subject of the study.

Table 2. Review of Work

Work	Author	Year	Title	Source	Description
[10]	NM Karie, et al.	2021	A Review of Security Standards and Frameworks for IoT-Based Smart Environments	IEEE Access	The authors provide an overview of international security standards ISO/IEC, ETSI and various structures, including methods proposed by NIST. The authors note the need to develop standards for the security of IoT-based systems.
[11]	A. Khurshid et al.	2022	EU Cybersecurity Act and IoT Certification: Landscape, Perspective and a Proposed Template Scheme	IEEE Access	The paper proposes a template for security certification of IoT devices as a result of the analysis of international requirements for certification. An evaluation of the proposed approach using the ENISA qualification system is given and compliance with the criteria of the EC certification scheme is demonstrated.
[12]	Qiu, Qin & Wang, et al.	2022	Security Standards and Measures for Massive IoT in the 5G Era	Mobile Networks and Applications	The paper proposes standardization approaches that contribute to the successful development of IoT in 5G conditions.
[13]	Manju Lata, et al.	2021	Standards and Regulatory Compliances for IoT Security	International Journal of Service Science Management Engineering and Technology	The work is devoted to IoT security issues, the role of standards and regulatory requirements is highlighted.

[14]	Brass, Irina, et al.	2018	Standardizing Moving Target The Developn and Evolution of IoT Security Standards.	Conference: Living in the Internet of Things: Cybersecurity of tl IoT - 2018	The paper describes the main standards, IoT security guidelines developed by various o r g a n i z a t i o n s profiling in the field of security. as a result, an approach is proposed for the development and implementation of standards.
[15]	Olga Greuter, et al.	2022	The baseline of global consumer cyber security standards for IoT: quality evaluation.	Journal of Cyber Security Technolog	the article assesses user standards for IoT security by comparing CSCIoT and IEC 6244.
[16]	Kaksonen, R., et al.	2022	Common Cybersecurity Requirements in IoT Standards, Best Practices, and Guidelines.	IoTbDS	The paper analyzes 16 sources, resulting in a set of general categories covering security design, interface security, authentication, data protection, and updates.
[17]	Svecova, H	2022	Design of a Method for Settin IoT Security Standards in Smart Cities.	Mobile Web and Intelligent Information Systems. MobiWIS 2022. Lecture Notes in Compute Science	The paper analyzes security standards and, as a result, proposes a method for complex processing of IoT security standards in smart cities.
[18]	Naraliyev, N., et al.	2019	Review and analysis of standards and protocols in the field of the Internet of Things. Modern testing methods and problems of information security IoT	International Journal of Open Information Technologies	The paper presents an overview of NIST, IEEE, ISO/IEC standards and other security solutions for IoT devices. along with this, various c o m m u n i c a t i o n protocols and examples of building an ecosystem using IoT devices are considered.

[19]	Lee, E., et al	2021	A Survey on Standards for Interoperability and Security in the Internet of Things.	IEEE Communications Surveys & Tutorial	The paper presents an overview and analysis of standards developed by international organizations for IoT security. The problems of standards on interoperability and security of IoT devices are considered.
------	----------------	------	--	--	---

These works reflect the current state of IoT security standards, proposed tools, methodologies and security measures. They also cover the development and implementation of security standards for IoT devices and systems.

The above review of works can be divided into three thematic groups:

Review and analysis of IoT security standards and structures - [10, 12, 13, 14, 18, 19];

Proposal of IoT security standards and frameworks - [11, 17];

Evaluation of IoT security standards and frameworks - [15, 16].

Conclusion

With the proliferation of IoT devices and networks, it is critical to have robust standards and structures in place to secure them. The article presents a comparison from various perspectives of international security standards and related studies that can facilitate informed decision-making on the choice of the most appropriate security standard or framework for the projected or deployed Internet of Things, as well as in the production of its components. It is important to note that choosing an IoT security standard or framework is only the first step. Proper implementation and adherence to the chosen standard or framework is critical to ensure device reliability and IoT network performance.

In line with the goals and objectives set out in the “System of Standards”, it is recommended to strengthen cooperation between industry, academia, research and applications. Pay attention to the combination and compatibility of the core security standards of the Internet of Things and the actual development of the industry, and promote the development of standards in a systematic manner. Implement dynamic updates. Specialists to monitor trends and trends in the development of new technologies and new applications of the Internet of things, actively adapt to the constant increase in the level of development of IoT security. Strengthen the dynamic update and improvement of the standard security system. To promote in every possible way the introduction of new standards and the deepening of their application.

Acknowledgments

This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14973006).

References

1. Lynn, T., Endo, P.T., Ribeiro, A.M.N.C., Barbosa, G.B.N., Rosati, P. (2020). The Internet of Things: Definitions, Key Concepts, and Reference Architectures. In: Lynn, T., Mooney, J., Lee, B., Endo, P. (eds) The Cloud-to-Thing Continuum. Palgrave Studies in Digital Business & Enabling Technologies. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41110-7_1.
2. Statista 2023. <https://www.statista.com> (accessed: 01.06.2023)
3. ENISA <https://www.enisa.europa.eu> (accessed: 04.06.2023)
4. NIST <https://www.nist.gov> (accessed: 26.05.2023)

5. Kaspersky Laboratory <http://www.kaspersky.ru> (accessed: 01.06.2023)
6. Klein, James & Walcott, Kristen. (2020). Exploiting Telnet Security Flaws in the Internet of Things. 10.1007/978-3-030-12385-7_51.
7. Shrivastava, R.K., Bashir, B., Hota, C. (2019). Attack Detection and Forensics Using HoneyPot in IoT Environment. In: Fahrnberger, G., Gopinathan, S., Parida, L. (eds) Distributed Computing and Internet Technology. ICDCIT 2019. Lecture Notes in Computer Science(), vol 11319. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05366-6_33.
8. Nurlan, Z., Zhukabayeva, T., Othman, M., Adamova, A., & Zhakiyev, N. (2021). Wireless sensor network as a mesh: Vision and challenges. IEEE Access, 10, 46-67.
9. Nurlan, Z., Kokenovna, TZ, Othman, M., & Adamova, A. (2021). Resource allocation approach for optimal routing in IoT wireless mesh networks. IEEE Access, 9, 153926-153942.
10. N. M. Karie, N. M. Sahri, W. Yang, C. Valli and V. R. Kebande. A Review of Security Standards and Frameworks for IoT-Based Smart Environments. IEEE Access, vol. 9, pp. 121975-121995, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3109886.
11. A. Khurshid, R. Alsaaidi, M. Aslam and S. Raz. EU Cybersecurity Act and IoT Certification: Landscape, Perspective and a Proposed Template Scheme. IEEE Access, vol. 10, pp. 129932-129948, 2022, DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3225973.
12. Qiu, Qin & Wang, Ding & Du, Xuetao & Yu, Shengquan & Liu, Shenglan & Zhao, Bei. Security Standards and Measures for Massive IoT in the 5G Era. Mobile Networks and Applications 27. 10.1007/s11036-021-01841-2.
13. Manju Lata, Dr & Kumar, Vikas. Standards and Regulatory Compliances for IoT Security. International Journal of Service Science Management Engineering and Technology. 12. 133-147. 10.4018/IJSSMET.2021090109.
14. Brass, Irina & Tanczer, L. & Carr, Madeline & Elsdon, M. & Blackstock, J. Standardising a Moving Target: The Development and Evolution of IoT Security Standards. Conference: Living in the Internet of Things: Cybersecurity of the IoT – 2018. 10.1049/cp.2018.0024.
15. Olga Greuter, K., & Sarmah, D. K. The baseline of global consumer cyber security standards for IoT: quality evaluation. Journal of Cyber Security Technology, 6(4), 175-200.
16. Kaksonen, R., Halunen, K., & Rönning, J. Common Cybersecurity Requirements in IoT Standards, Best Practices, and Guidelines. IoT BDS (pp. 149-156).
17. Svecova, H. Design of a Method for Setting IoT Security Standards in Smart Cities. Mobile Web and Intelligent Information Systems. MobiWIS 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13475. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-14391-5_9.
18. Naraliyev, N. A., & Samal, D. I. Review and analysis of standards and protocols in the field of Internet of Things. Modern testing methods and problems of information security IoT. International Journal of Open Information Technologies, 7(8), 94-104.
19. Lee, E., Seo, Y. D., Oh, S. R., & Kim, Y. G. A Survey on Standards for Interoperability and Security in the Internet of Things. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 23(2), 1020-1047.

Интернет заттар: қауіпсіздік және құпиялылық стандарттары

А.Д. Адамова¹, Т.К. Жукабаева¹, Ху Вен-Цен²

¹Astana IT University, Астана, Қазақстан

²М. Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті, Шымкент, Қазақстан

Аңдатпа. Заттар интернеті (IoT) өзара әрекеттесу кезіндегі қауіпсіздікті қамтамасыз ету - көптеген зерттеушілердің назарын аударды. Қазіргі уақытта стандарттар мәселесі өте күрделі және маңызды, бұл заттар интернетін жасауға да, күнделікті өмірге енгізуге де тікелей әсер етеді. Бүгінгі күні көптеген стандарттар мен хаттамалар бар, олар архитектураның әртүрлі қабаттарында сәйкес келмеуі мүмкін. Ұсынылған мақалада терминология, архитектура модельдері, қауіпсіздік және интеграция сценарийлері, жіктеу және хаттамалар сияқты әртүрлі аспектілерде қарастырылатын қазіргі заманғы халықаралық заттар интернетінің қауіпсіздік стандарттарына шолу берілген. IoT жүйелерін әзірлеу және өндіру процесінде олардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша негізделген шешімдер қабылдауға ықпал ететін стандарттар мен тиісті зерттеулерге салыстырмалы талдау жүргізілді. Бұл зерттеулер туындаған қиындықтарды жеңуге және қосылған IoT құрылғыларының қауіпсіздігін бақылау және қамтамасыз ету құралдарын таңдау бойынша практикалық ұсыныстар

жасауға бағытталған. Зерттеу әдістемесі IoT стандарттарындағы олқылықтарды анықтауды, бар мәселелер мен ұсынылған шешімдерді талдауды қамтыды.

Түйін сөздер: заттар интернеті, қауіпсіздік, коммуникация, стандарт, шабуыл.

Интернет вещей: стандарты безопасности и конфиденциальности

А.Д. Адамова¹, Т.К. Жукабаева¹, Ху Вен-Цен²

¹Astana IT University, Астана, Казахстан

²Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан

Аннотация. Обеспечение безопасности при взаимодействии интернет вещей сфокусировало внимание многих исследователей. В настоящее время вопрос по стандартам является очень сложным и важным, который напрямую влияет как на разработку, так и на внедрение интернет вещей в повседневную жизнь. Существует множество стандартов и протоколов, которые могут быть несогласованными в разных слоях архитектуры. В представленной статье приведен обзор современных международных стандартов безопасности интернета вещей (IoT), которые рассматриваются в различных аспектах, таких, как терминология, модели архитектуры, сценарии безопасности и интеграции, классификация и протоколы. Проведен сравнительный анализ стандартов и соответствующих исследований, которые способствуют принятию обоснованных решений по обеспечению безопасности систем IoT в процессе их разработки и производства. Эти исследования направлены на преодоление возникающих трудностей и разработку практических рекомендаций по выбору средств контроля и обеспечения безопасности подключенных IoT-устройств. Методология исследования включала выявление пробелов в стандартах IoT, анализ существующих проблем и предлагаемых решений.

Ключевые слова: интернет вещей, безопасность, коммуникация, стандарт, атака.

References

1. Lynn, T., Endo, P.T., Ribeiro, A.M.N.C., Barbosa, G.B.N., Rosati, P. (2020). The Internet of Things: Definitions, Key Concepts, and Reference Architectures. In: Lynn, T., Mooney, J., Lee, B., Endo, P. (eds) The Cloud-to-Thing Continuum. Palgrave Studies in Digital Business & Enabling Technologies. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41110-7_1.
2. Statista 2023. <https://www.statista.com> (accessed: 01.06.2023)
3. ENISA <https://www.enisa.europa.eu> (accessed: 04.06.2023)
4. NIST <https://www.nist.gov> (accessed: 26.05.2023)
5. Kaspersky Laboratory <http://www.kaspersky.ru> (accessed: 01.06.2023)
6. Klein, James & Walcott, Kristen. (2020). Exploiting Telnet Security Flaws in the Internet of Things. 10.1007/978-3-030-12385-7_51.
7. Shrivastava, R.K., Bashir, B., Hota, C. (2019). Attack Detection and Forensics Using Honeypot in IoT Environment. In: Fahrnberger, G., Gopinathan, S., Parida, L. (eds) Distributed Computing and Internet Technology. ICDCIT 2019. Lecture Notes in Computer Science(), vol 11319. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05366-6_33.
8. Nurlan, Z., Zhukabayeva, T., Othman, M., Adamova, A., & Zhakiyev, N. (2021). Wireless sensor network as a mesh: Vision and challenges. IEEE Access, 10, 46-67.
9. Nurlan, Z., Kokenovna, TZ, Othman, M., & Adamova, A. (2021). Resource allocation approach for optimal routing in IoT wireless mesh networks. IEEE Access, 9, 153926-153942.
10. N. M. Karie, N. M. Sahri, W. Yang, C. Valli and V. R. KEBANDE. A Review of Security Standards and Frameworks for IoT-Based Smart Environments. IEEE Access, vol. 9, pp. 121975-121995, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3109886.
11. A. Khurshid, R. Alsaaidi, M. Aslam and S. Raz. EU Cybersecurity Act and IoT Certification: Landscape, Perspective and a Proposed Template Scheme. IEEE Access, vol. 10, pp. 129932-129948, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3225973.
12. Qiu, Qin & Wang, Ding & Du, Xuetao & Yu, Shengquan & Liu, Shenglan & Zhao, Bei. Security Standards and Measures for Massive IoT in the 5G Era. Mobile Networks and Applications 27. 10.1007/s11036-021-01841-2.

13. Manju Lata, Dr & Kumar, Vikas. Standards and Regulatory Compliances for IoT Security. International Journal of Service Science Management Engineering and Technology. 12. 133-147. 10.4018/IJSSMET.2021090109.

14. Brass, Irina & Tanczer, L. & Carr, Madeline & Elsdon, M. & Blackstock, J. Standardising a Moving Target: The Development and Evolution of IoT Security Standards. Conference: Living in the Internet of Things: Cybersecurity of the IoT – 2018. 10.1049/cp.2018.0024.

15. Olga Greuter, K., & Sarmah, D. K. The baseline of global consumer cyber security standards for IoT: quality evaluation. Journal of Cyber Security Technology, 6(4), 175-200.

16. Kaksonen, R., Halunen, K., & Röning, J. Common Cybersecurity Requirements in IoT Standards, Best Practices, and Guidelines. IoTBDS (pp. 149-156).

17. Svecova, H. Design of a Method for Setting IoT Security Standards in Smart Cities. Mobile Web and Intelligent Information Systems. MobiWIS 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13475. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-14391-5_9.

18. Naraliyev, N. A., & Samal, D. I. Review and analysis of standards and protocols in the field of Internet of Things. Modern testing methods and problems of information security IoT. International Journal of Open Information Technologies, 7(8), 94-104.

19. Lee, E., Seo, Y. D., Oh, S. R., & Kim, Y. G. A Survey on Standards for Interoperability and Security in the Internet of Things. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 23(2), 1020-1047.

Information about author:

A. Adamova – PhD, Assistant Professor, Astana IT University, 55/11 Mangilik El Ave., Astana, Kazakhstan.

T. Zhukabayeva – PhD, Professor, Astana IT University, 55/11 Mangilik El Ave., Astana, Kazakhstan.

Khu Ven-Tsen – Doctor of Technical Sciences, Professor, M. Auezov South Kazakhstan State University, 5 Tauke khan Ave., Shymkent, Kazakhstan.

А.Д. Адамова – PhD, профессор ассистенті, Astana IT University, Мәңгілік Ел даң., 55/11, Астана, Қазақстан.

Т.К. Жукабаева – PhD, қауымдастырылған профессор, Astana IT University, Мәңгілік Ел даң., 55/11, Астана, Қазақстан.

Ху Вен - Цен – т.ғ.д., профессор, М. Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті, Тәуке хан даң., 5, Шымкент, Қазақстан.

А.Д. Адамова – PhD, ассистент профессора, Astana IT University, пр. Мәңгілік Ел, 55/11, Астана, Казахстан.

Т.К. Жукабаева – PhD, ассоциированный профессор, Astana IT University, пр. Мәңгілік Ел, 55/11, Астана, Казахстан.

Ху Вен-Цен – д.т.н., профессор, Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауезова, пр. Тауке хана, 5, Шымкент, Казахстан.

A. Kanaev¹, A. Moldakhmetova^{1*}, I. Kossanova¹, D. Orynbekov²

¹S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan

²Shakarim University, Semey, Kazakhstan

E-mail: aman-kanaev2012@yandex.ru, *aliya-981@mail.ru,
ind_jm@mail.ru, duman_r@mail.ru

Investigation of the surface layer of wheel steel by indentation method

Abstract. *The article considers methods of measurement of microhardness and modulus of elasticity of plasma hardened wheel steel by kinetic indentation method. It provides features of measurement of microhardness, modulus of hardness, elastic recovery, influencing on wear resistance of surface layers of steel. Measurement of these characteristics of material allows estimating and choosing optimum technology of surface modification by surface plasma hardening. It is confirmed that objectivity of determination of microhardness, modulus of elasticity, elastic recovery and flow stress depends on strict observance of imprint depth requirements depending on thickness of hardened layer. It is noted that in spite of the increased amount of factual information, obtained by indentation method, the physical substantiation of hardness micro-mechanisms remains poorly understood, which necessitates substantiation of physical representations of the nature of hardness of metallic materials.*

It is established that the measurement of microhardness, elastic modulus and elastic recovery by the kinetic indentation method is expedient to use for certification of the surface layer of plasma-hardened wheel steel according to the parameters of physical and mechanical characteristics.

Keywords: *wheel ridge and rim, Young's modulus, elastic recovery, micromechanisms of hardness, indentation, microhardness.*

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-41-51

Introduction

Reliability and durability of heavily loaded parts of machines and mechanisms operating under conditions of friction and wear are in many cases ensured by increasing the hardness of the surface layer. In fact, in real operating conditions, minimization of wear depends on elasticity and resistance to deformations of the surface layer no less than on hardness. These properties are determined by the main physical and mechanical characteristics of the surface layer, namely microhardness, elastic modulus and elastic recovery. In this work, the measurement of these parameters was carried out using the method of testing by tool indentation according to GOST R 8.748-2011 (ISO 14577-1:2015), the micro range of application of this method is $2 \text{ N} > F; h > 0.2 \text{ }\mu\text{m}$. The results obtained when determining Vickers, Rockwell and Brinell hardness are determined, as is known, after the test load is removed. Therefore, the influence of elastic deformation of the material under the influence of the indenter (TIP) is not taken into account. GOST R 8.748-2011 provides determination of hardness and other mechanical characteristics of the material by joint measurement of load and tip movement during indentation. By tracing the complete cycle of loading and removal of the test load, it is possible to determine hardness values equivalent to those measured by classical hardness measurement methods. In addition, this method makes it possible to determine additional material properties such as indentation modulus and elastic-plastic hardness.

It is also important to note that with the advent and development of the method of continuous measurement nanoindentation, it has become possible to quantitatively assess some important characteristics of metallic materials within individual submicroscopic zones, in particular, Vickers hardness, Young's modulus, flow stress, and others. Thus, in [1], the hardness of submicrocrystalline aluminium alloys has been measured by nanoindentation method. The authors of established the limit values of hardness, elastic deformation and corresponding stress by automatic indentation method. Experimental studies have been carried out to improve the wear resistance of hardened structural steel by nanostructured friction treatment. A number of researchers have applied scanning probe microscopes and nanohardness meters to study the mechanical properties of materials at the nanoscale.

The aim of the work is to measure microhardness, elastic modulus and elastic recovery in the micro range by the kinetic indentation method to certify the surface layer of plasma-hardened wheel steel by the parameters of physical and mechanical characteristics. In this case, there is a continuous introduction of a diamond tip into the test specimen under the action of a smoothly increasing load with its subsequent removal and registration of the dependence of the tip movement on the load [2].

Methodology for measuring physical and mechanical properties by tool indentation

Microhardness and Young's modulus of plasma-hardened wheel steel grade 2 (GOST 398-2010) were measured by the method of kinetic indentation. The measurements were carried out on the UPNN-170 unit of the research and production company PlasmaCentre (Saint-Petersburg).

Technical characteristics of the UPNN-170 unit: rated current - 120 A, rated operating voltage - not more than 42 V, argon flow rate 5 l/min, cooling water flow rate 180-220 l/hour. Hardness was measured by the kinetic indentation method in the Centre for Research of Material Properties of Tomsk Polytechnic University (Tomsk). Samples for the study with dimensions of 20x30 mm were subjected to grinding and polishing on a LaboPol-5 machine manufactured in Denmark. As a result of electrochemical polishing the height of surface irregularities did not exceed 10 nm. SPM images were obtained for each selected surface of the sample. The SPM images were processed and analysed using Nova software. During the experiment, a probe sensor of SPMProdeNSC 15/AIBS type was used. The Vickers hardness determined in this way is equal to the average pressure on the contact surface "indenter-sample". An equilateral 4-faceted diamond pyramid was used as an indenter. Hardness measurement was carried out under conditions of continuous loading with linearly increasing load up to 150 mN at room temperature.

Loading and unloading of the indenter, as well as recording of the P-h diagram (applied load and indenter insertion depth) were performed automatically. This method of hardness measurement, called the kinetic hardness method (continuous indentation of the indenter), allows determining the depth of unrecovered h_{max} and recovered (plastic) h indentations, Young's modulus, as well as the work of plastic and elastic deformation during indentation in one cycle "loading-unloading". Figure 1 shows the kinetics of the change in the load P and the indenter penetration depth h in the loading-unloading cycle and the diagram of the dependence of the load P on the penetration depth h .

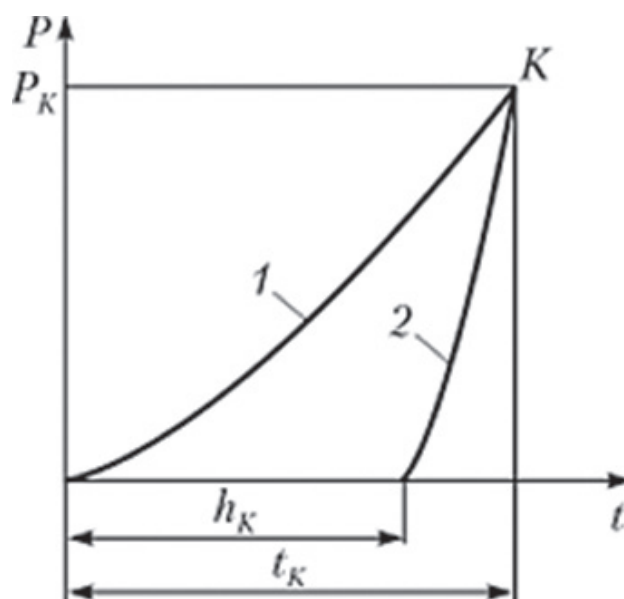


Figure 1. Kinetic hardness method

The indenter indentation size was measured by the maximum indentation depth h_{\max} using the data of semi-contact scanning probe microscopy. The indenter loading and unloading rates were 300 mH/min. The Oliver and Faure method was used to process the test results. Hardness was determined by the maximum load, P_{\max} , divided by the projected contact area after unloading:

$$H = \frac{P_{\max}}{A_{PC}} \quad (1)$$

Vickers hardness is determined by the maximum load P_{\max} divided by the contact area after unloading:

$$H_v = \frac{P_{\max}}{A_c \cdot 9.81} \quad (2)$$

It should be noted that the informative capabilities of this method far exceed those of static indentation; in fact, it is equivalent to the transition from the measurement of a single quantitative characteristic (e.g., yield strength - σ_t , tensile strength - σ_v , etc.) to the continuous registration of loading diagrams.

Improvement of this technique is carried out along the way of full automation of the measurement process and limiting reduction of the indenter load with adequate increase in the sensitivity of the measurement process [3,4].

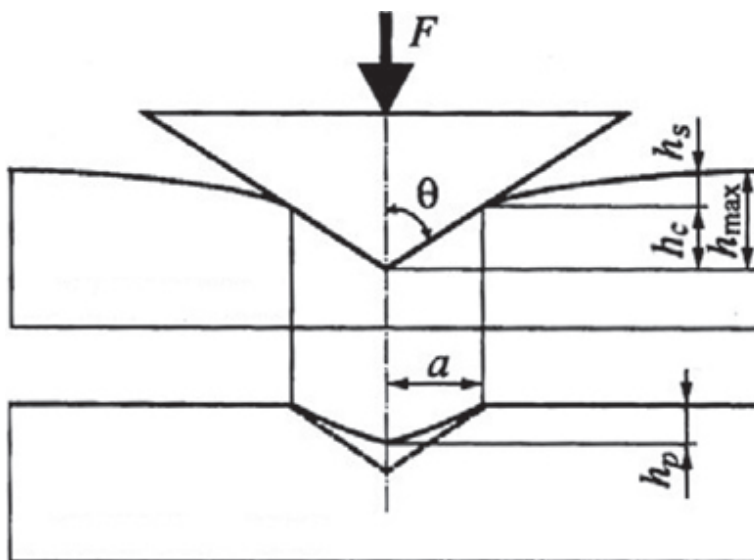


Figure 2. Footprint cross-section at maximum load and after unloading

The operation of the NanoHardness Tester nanohardness tester consists in the fact that as a result of passing a current pulse through the coils located in the magnetic field of a permanent magnet, an electric field is created, which presses on an indenter with a diamond tip. The indenter is lowered to a point on the surface of the specimen with a predetermined load. After the load has reached its maximum value and the direction of the coil current is reversed, it returns to its original position. The sapphire ring is used to check the perpendicularity of the sample position relative to the indenter. If this condition is not met and the sample is tilted, a signal is generated on one of the capacitive sensors that prohibits the indentation process. In this case it is necessary to reinstall the sample under test. The springs are necessary to hold the indenter and the magnetic shield protects the instrument from electromagnetic interference.

Results obtained and their discussion

Measurement of some mechanical characteristics of wheel steel was carried out using the method of testing by tool indentation according to GOST R 8.748-2011 (ISO 14577-1:2015), as noted above, the micro range of application of the method is $2 \text{ N} > F; h > 0.2 \text{ }\mu\text{m}$.

The indentation method consists in pressing an indenter with a diamond tip, with a load acting on it, into the near-surface layer of the material under study and determining the thickness of this layer using the nanohardness meter software. Processing of experimental data is carried out based on the results of measurements of at least 3 prints obtained under the same experimental conditions. Figure 3 shows indenter imprints in the near-surface layer of the material at some distance from the surface.

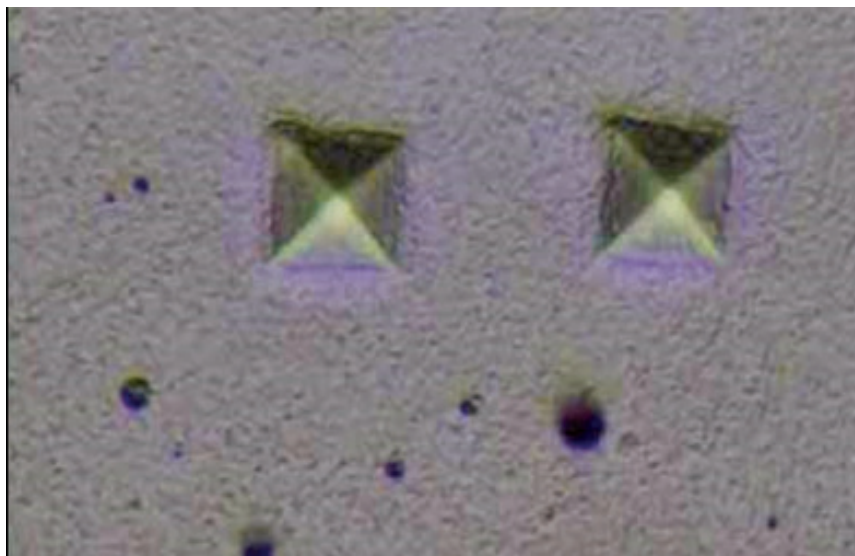


Figure 3. Indenter imprints in the near-surface layer of the material

Before the indenter begins to descend onto the surface of the material, the load with which it will press on the sample is set. Figs. 4 a) and b) show the interfaces of the nanohardness tester, where the loading and unloading curves showing the indentation process can be seen. After the load value reaches the maximum value, the indenter starts unloading, the load acting on it is gradually reduced to zero and it returns to its original position. The unloading curve is obtained, which shows that during indentation the specimen deforms elasto-elastically, i.e. the material from under the indenter does not fully return to its former position. The misalignment of the loading and unloading lines is probably due to inelasticity.

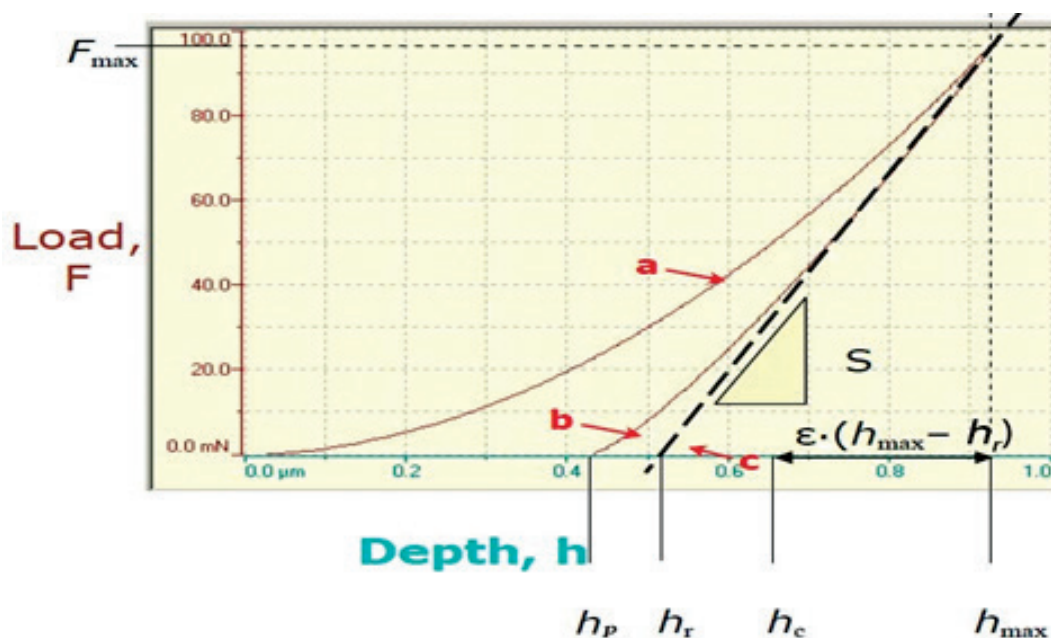


Figure 4. Analysing the F-h diagram using the Oliver-Farr

Note that Sample 1 is cut from the rim and Sample 2 - from the wheel ridge, subjected to surface plasma hardening under the same conditions. By comparing the data in Tables 1 and 2,

it can be seen that the HV and HIT of the wheel rim are greater than the corresponding values of the wheel crest (388.8-354.6), while the Young's modulus values of the wheel crest, on the contrary, are greater in the wheel crest compared to the rim (246.8-231.7). It can also be seen that surface plasma hardening of the wheel rim was more effective than that of the wheel crest, which may be due to the different cooling rates of these wheel elements during the hardening and self-tempering process. Probably, the different efficiency of plasma hardening of the wheel rim and wheel ridge is influenced by the difference in the angle between the plasma jet and the wheel rim, on the one hand, and between the plasma jet and the wheel ridge, on the other hand, as it leads to different heat flux density into the hardened surface of the wheel [5,6].

It is also noteworthy that the numerical values of the measured mechanical characteristics (HV, HIT, EIT) differ from the corresponding values of the interface of the nanohardness tester displaying the indentation process during loading and unloading. This may be due to the pliability of the device, since the applied test load acts not only on the surface of the test specimen, but also on the device parts, which are elastically deformed in the process. The accuracy and correctness of determining the hardness and other characteristics of the tested steel depends on strict compliance with the requirements for measuring the indentation depth [7].

Table 1. Measured mechanical characteristics of the wheel rim

#	Mechanical characteristics of the wheel rim at 20 μm from the edge of the specimen deep into the metal			Mechanical characteristics of the wheel rim at 1700 μm from the edge of the specimen deep into the metal		
	HV	H _{IT} , MPa	E _{IT} , GPa	HV	H _{IT} , MPa	E _{IT} , GPa
1	380.0	4222.86	217.32	466.22	4939.52	254.11
2	375.32	4082.4	226.33	378.08	4005.66	245.44
3	351.22	3827.01	211.70	373.25	3954.54	254.95
4	375.10	4122.39	221.29	354.25	3753.25	245.98
5	358.02	3793.15	229.06	383.95	4067.88	230.76
6	395.26	4187.66	252.30	397.99	4216.62	248.90
7	366.76	3885.8	243.07	385.83	4087.81	230.62
8	386.15	4191.21	235.22	369.62	3916.01	261.58
9	406.59	4307.7	233.89	398.50	4222.04	253.07
10	463.92	3855.66	236.25	386.23	4092.04	251.74
11	366.71	3885.21	242.59	-	-	-
tot.	388.8	4032.8	231.7	384.38	4072.39	241.41

Table 2. Measured mechanical characteristics of the wheel ridge

#	Mechanical characteristics of the wheel ridge at 40 μm from the edge of the specimen to the depth of the metal			Mechanical characteristics of the wheel ridge at 100 μm from the edge of the specimen deep into the metal		
	HV	H _{IT} , MPa	E _{IT} , GPa	HV	H _{IT} , MPa	E _{IT} , GPa
1	350.74	3715.99	287.72	392.01	4153.16	210.41
2	354.93	3760.39	254.69	356.29	3774.81	210.65
3	334.65	3545.52	219.53	387.87	4109.37	230.99
4	365.16	3568.82	232.74	370.25	3922.27	241.84
5	367.65	3895.16	239.30	375.79	3981.44	247.86
6	-	-	-	366.42	3882.17	337.77
tot.	354.6	3697.2	246.8	374.77	3970.54	246.59

Note: 1 N/mm² = 1MPa, according to GOST R 8.748-2011 it is allowed to use multiples and fractions.

It is known that ultrahigh heating and cooling rates (~1500-3000 0C/s) during plasma quenching leads to strong structure refinement with the formation of nanostructured elements of phase and structural components of the quenched material [13-14]. Hence, one of the important and urgent tasks of tribology is to determine the relationship between wear resistance and mechanical properties of the structure of contacting materials. High friction wear resistance is known to be achieved due to the stability of the surface layer structure, which is stabilised by increasing hardness, for example, by plasma hardening. Therefore, changing the structure of the material under heavy friction conditions is of great interest (work is ongoing in this direction), because of the plastic deformation of the surface layer and the increase in its temperature. In this case, the surface layer is deformed by the mechanism of low-cycle fatigue and therefore the structure is not stable. Increasing the temperature of the surface layer leads to a decrease in its hardness and, consequently, wear resistance.

Speaking about the physical nature of microhardness in general, nanohardness in particular, it should be said that, despite the increased amount of factual information obtained by nanoindentation, the physical substantiation of hardness micromechanisms remains poorly satisfactory. Thus, an example of the insufficiency of the existing ideas about the nature of hardness is the problem of explaining the causes of the scale dimensional factor, which manifests itself in the increase of the hardness number with decreasing load and indentation size, especially at depths $h < 1 \mu\text{m}$. Explanation of the causes of the dimensional factor by the dislocation mechanism of plasticity by introducing the necessary number of dislocations did not lead to the removal of the issue [8]. Formally, it is possible to introduce the necessary number of dislocations into the material under study, but their density at $h < 100 \text{ nm}$ becomes unrealistically large ($> 10^{14} \text{ cm}^{-2}$).

In addition, it contradicts the results of microstructural studies, which do not detect such a number of dislocations. Obviously, the mechanical properties and behaviour of materials in nano-volumes for a number of reasons may be very different from those obtained in traditional macroscopic tests, since with the reduction of the size of the loaded area by many orders of magnitude, many new factors affecting the material properties begin to act. The localisation of the load leads to a strong hardening of the material in the deformation zone and the resulting large stress gradients can strongly influence the plastic flow mechanisms. For example, it is not clear in which direction the material moves from under the indenter. It is believed that in plastic materials the material flows out from under the indenter towards the free surface. In reality, mass transfer is directed into the volume, which compacts the material in the local deformation zone [9].

At present, there is a lot of direct evidence of the growing role of non-equilibrium point defects in mass transfer as the contact spot size decreases. There is also convincing evidence of significant changes in the structure of materials under the indenter as a result of amorphisation, phase transformations, and formation of nanocrystalline structure [10]. However, in the existing hardness theories based on dislocation mechanisms of plastic deformation, these circumstances are not taken into account and explained.

In addition, due to the small size of the deformed region ($\sim h$), large relative strain rates $\epsilon \sim v/h$ are realised even at small absolute embedding velocities- v . As a result, the nanohardness of the material can exceed the yield strength by two or more orders of magnitude. Hence the necessity to substantiate the physical ideas about the nature of hardness, in general, and nanohardness, in particular.

Conclusion

1. Microhardness, elastic modulus and elastic recovery of plasma-hardened wheel steel have been measured by the method of instrumental indentation, in which there is a continuous introduction of a diamond tip into the test specimen under the action of a smoothly increasing load with its subsequent removal and registration of the dependence of the tip displacement on the load. The values of these mechanical characteristics of the wheel rim and ridge at different distances from the edge of the specimen deep into the metal are given. It is noted that sharp

fluctuations in the numerical values of the modulus of elasticity of the wheel ridge (287.72GPa; 254.69GPa; 219.53GPa) can be associated with methodological error, in particular, the change of the indentation step (Fig.4a and b). It is confirmed that the objectivity of determining the hardness and other elasto-mechanical characteristics of the tested steel depends on strict adherence to the indentation depth measurement requirements.

2. The mechanical properties and behaviour of the material in the nano-volume differ significantly from those determined by traditional macroscopic testing. Knowledge of the physical and mechanical characteristics of the material (hardness, Young's modulus, elastic recovery, etc.) affecting the wear resistance of surface layers makes it possible to evaluate and select the optimal technology for surface modification by plasma quenching. The objectivity of hardness, elastic modulus and elastic recovery determination depends on the parameters of the measuring equipment used and strict compliance with the requirements for the depth of hardness, elastic modulus and elastic recovery. It is found that the hardness (Vickers HV and H) of the rim is greater, and Young's modulus, on the contrary, is less than the corresponding characteristics of the ridge. Measurement of microhardness, elastic modulus and elastic recovery by the method of kinetic indentation is reasonable to use for certification of the surface layer of plasma-hardened wheel steel according to the parameters of physical and mechanical characteristics.

3. It is noted that despite the increased amount of factual information obtained by nanoindentation method, the physical substantiation of hardness micromechanisms remains poorly studied, which necessitates the substantiation of physical ideas about the nature of hardness, in general, and nanohardness, in particular. The mechanical properties and behaviour of materials in nano-volumes can be very different from those obtained in traditional macroscopic tests, since as the size of the loaded region decreases (by many orders of magnitude), many new factors affecting the material properties begin to act. Localisation of the load leads to a strong hardening of the material in the deformation zone and the resulting large stress gradients can strongly influence the mechanisms of plastic flow, and the structure of materials under the indenter can change significantly as a result of amorphisation, phase transformations, formation of nanocrystalline structure.

Confirmations

This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant funding IRN No. AR14869891 "Increasing the service life of heavily loaded parts of railway transport using innovative plasma technology")

References

- 1 Tsui T.Y., Pharr G.M., Oliver W.C., Bhatn C.S., White R.L., Anders S., Anders A., Brown I.G. Nanoidentation and nanoscratching of hard carbon coatings for magnetic disks // Mater.Res.Soc. Symp. Proc. – 1995. – № 383. – P. 447 doi:10.1557/PROC-383-447
- 2 Leyland A., Matthews A. On the significance of the H/E ratio in wear control: a nanocomposite coatings approach to optimized tribological behaviour // Wear. – 2000. – Vol. 246, № 1-2. - P. 1-11 DOI: 10.1016/S0043-1648(00)00488-9
- 3 Chikova O.A., Shishkina E.V., Petrova A.N., Brodova И.Г. Izmerenie metodom nanoindentirovaniya tverdosti submikrokristallicheskih promyshlennyh alyuminievyh splavov, poluchennyh dinamicheskim pressovaniem [Nanoindentation measurement of the hardness of submicrocrystalline industrial aluminum alloys obtained by dynamic pressing] // Fizika metallov i metallovedenie [Physics of metals and metal science]. – 2014. – Vol. 115, №5. – P. 555-560
- 4 Gogolinskiy K.V., L'vova N.A., Useinov A.S. Primenenie skaniruyushchih zondovyh mikroskopov i nanotverdomerov dlya izucheniya mekhanicheskikh svoystv tverdyyh materialov na nanourovne [Application of scanning probe microscopes and nanohardness testers for studying the mechanical properties of solid materials at the nanoscale Google Translat] // Zavodskaya laboratoriya, Diagnostika materialov [Factory laboratory, Diagnostics of materials]. – 2007. – Vol.73, № 6. – P.28-36. DOI:10.22184/1993-8578.2015.57.3.76.84

5 Brčić D., Antonín K., Jan N., Zbyněk Š. The Effect of Boriding And Heat Treatment on the Structure and Properties of 100Cr6 Steel // Manufacturing Technology. – 2022. – Vol. 22, №1. – P.2-9. DOI: 10.21062/mft.2022.003

6 Gorlenko A.O., Topolyanskiy P.A., Topolyanskiy A.P. Tribologicheskie vozmozhnosti finishnogo plazmennogo uprochneniya dlya povysheniya resursa metallorazhushchego instrumenta [Tribological possibilities of finishing plasma hardening to increase the service life of metal-cutting tools] // Metalloobrabotka [Metalworking]. – 2016. – № 3, P.33-41.

7 Golovin Yu.I., Ivolgin V.I., Korenkov V.V., Korenkova N.V., Ryabko R.I. Opredelenie kompleksa mekhanicheskikh svoystv materialov v nanoob"emah metodami nanoindentirovaniya [Determination of the complex of mechanical properties of materials in nanovolumes by nanoindentation methods] // Kondensirovannyye sredy i mezhfaznye granicy [Condensed media and interphase boundaries]. – 2001. – Vol.3, № 2. – P. 122–135.

8 Sosnin N.A., Ermakov S.A., Topolyanskiy P.A. Plazmennyye tekhnologii [Plasma technologies]. (Pol.un., SPb, 2013, 403 p.) [in Russian].

9 D. Orynbekov, T. Sarsembayeva, A. Kanaev, A. Gulyarenko. Nanoparticle-strengthened-martensitic Surface Layered Constructed Steel by Plasma Hardening Rout // J Nanostruct. – 2021. – T. 11, №4. – P. 814-824. DOI: 10.22052/JNS.2021.02.018

10 Kanaev A.T., Sarsembaeva T.E. Vvedenie v nanostrukturnoe materialovedenie [Introduction to nanostructured materials science]. (S.Seifullin KATU., Ast, 2021, 184 p.) [in Russian].

А.Т. Қанаев¹, А.Е. Молдахметова¹, И.М. Косанова¹, Д.Р. Орынбеков²

¹С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

²Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Семей, Қазақстан

Дөңгелек болаттың беткі қабатын индеттеу арқылы зерттеу

Аңдатпа. Кинетикалық индеттеу әдісімен плазмалық шыңдалған дөңгелекті болаттың микроқаттылығын және серпімділік модулін өлшеу әдістемесі қарастырылған. Болаттың беткі қабаттарының тозуға төзімділігіне әсер ететін микроқаттылықты, серпімділік модулін, серпімді қалпына келтіруді өлшеу ерекшеліктері келтірілген. Материалдың аталған сипаттамаларын өлшеу беттік плазманы шыңдау арқылы бетті модификациялаудың оңтайлы технологиясын бағалауға және таңдауға мүмкіндік береді. Микроқаттылықты, серпімділік модулін, серпімді қалпына келтіруді және ағын кернеуін анықтаудың объективтілігі шыңдалған қабаттың қалыңдығына байланысты индеттеу тереңдігіне қойылатын талаптардың қатаң сақталуына байланысы расталды.

Индеттеу арқылы алынған нақты ақпараттың көбеюіне қарамастан, қаттылықтың микромеханизмдерінің физикалық негіздемесі әлі де аз зерттелген, бұл металдық материалдардың қаттылығының табиғаты туралы физикалық идеяларды негіздеуді қажет ететіні атап өтілген. Плазмамен шыңдалған доңғалақ болатының беткі қабатын физикалық-механикалық сипаттамалары бойынша сертификаттау үшін микроқаттылықты, серпімділік модулін және серпімді қалпына келтіруді кинетикалық индеттеу арқылы өлшеуді қолдану орынды екені анықталды.

Түйін сөздер: тарақ және доңғалақтың жиегін наноиндеттеу, Юнг модулі, қаттылықтың микромеханизмі, қаттылық, серпімді қалпына келтіру.

А.Т. Қанаев¹, А.Е. Молдахметова¹, И.М. Косанова¹, Д.Р. Орынбеков²

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан

²Университет имени Шакарима города Семей, Семей, Казахстан

Исследование поверхностного слоя колесной стали методом индентирования

Аннотация. Рассмотрена методика измерения микротвердости и модуля упругости плазменно-закаленной колесной стали методом кинетического индентирования. Приведены особенности измерения микротвердости, модуля упругости, упругого восстановления, влияющие на износостойкость поверхностных слоев стали. Измерение этих характеристик материала позволяет

оценить и выбрать оптимальную технологию модификации поверхности путем поверхностной плазменной закалки. Подтверждено, что объективность определения микротвердости, модуля упругости, упругого восстановления и напряжения течения зависит от строгого соблюдения требований по глубине отпечатка в зависимости от толщины закаленного слоя.

Отмечено, что, несмотря на возросший объем фактической информации, полученный методом индентирования, физическое обоснование микромеханизмов твердости остается слабо изученным, что вызывает необходимость обоснования физических представлений о природе твердости металлических материалов.

Установлено, что измерение методом кинетического индентирования микротвердости, модуля упругости и упругого восстановления целесообразно использовать для сертификации поверхностного слоя плазменно-закаленной колесной стали по параметрам физико-механических характеристик.

Ключевые слова: гребень и обод колеса, модуль Юнга, микромеханизм твердости, индентирование, микротвердость, упругое восстановление.

References

- 1 Tsui T.Y., Pharr G.M., Oliver W.C., Bhatn C.S., White R.L., Anders S., Anders A., Brown I.G. Nanindentation and nanoscratching of hard carbon coatings for magnetic disks // Mater.Res.Soc. Symp. Proc. – 1995. – № 383. – P. 447 doi:10.1557/PROC-383-447
- 2 Leyland A., Matthews A. On the significance of the H/E ratio in wear control: a nanocomposite coatings approach to optimized tribological behavior // Wear. – 2000. – Vol. 246, № 1-2. - P. 1-11 DOI: 10.1016/S0043-1648(00)00488-9
- 3 Chikova O.A., Shishkina E.V., Petrova A.N., Brodova И.Г. Izmerenie metodom nanoindentirovaniya tverdosti submikrokristallicheskih promyshlennyh alyuminiyevykh splavov, poluchennykh dinamicheskim pressovaniem [Nanoindentation measurement of the hardness of submicrocrystalline industrial aluminum alloys obtained by dynamic pressing] // Fizika metallov i metallovedenie [Physics of metals and metal science]. – 2014. – Vol. 115, №5. – P. 555-560
- 4 Gogolinskiy K.V., L'vova N.A., Useinov A.S. Primenenie skaniruyushchih zondovykh mikroskopov i nanotverdomerov dlya izucheniya mekhanicheskikh svoystv tverdykh materialov na nanourovne [Application of scanning probe microscopes and nanohardness testers for studying the mechanical properties of solid materials at the nanoscale Google Translat] // Zavodskaya laboratoriya, Diagnostika materialov [Factory laboratory, Diagnostics of materials]. – 2007. – Vol.73, № 6. – P.28-36. DOI:10.22184/1993-8578.2015.57.3.76.84
- 5 Bricín D., Antonín K., Jan N., Zbyněk Š. The Effect of Boriding And Heat Treatment on the Structure and Properties of 100Cr6 Steel // Manufacturing Technology. – 2022. – Vol. 22, №1. – P.2-9. DOI: 10.21062/mft.2022.003
- 6 Gorlenko A.O., Topolyanskiy P.A., Topolyanskiy A.P. Tribologicheskie vozmozhnosti finishnogo plazmennogo uprochneniya dlya povysheniya resursa metallovezhushchego instrumenta [Tribological possibilities of finishing plasma hardening to increase the service life of metal-cutting tools] // Metalloobrabotka [Metalworking]. – 2016. – № 3, P.33-41.
- 7 Golovin Yu.I., Ivogin V.I., Korenkov V.V., Korenkova N.V., Ryabko R.I. Opredelenie kompleksa mekhanicheskikh svoystv materialov v nanoob'emah metodami nanoindentirovaniya [Determination of the complex of mechanical properties of materials in nanovolumes by nanoindentation methods] // Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granicy [Condensed media and interphase boundaries]. – 2001. – Vol.3, № 2. – P. 122–135.
- 8 Sosnin N.A., Ermakov S.A., Topolyanskiy P.A. Plazmennyye tekhnologii [Plasma technologies]. (Pol.un., SPb, 2013, 403 p.) [in Russian].
- 9 D. Orynbekov, T. Sarsembayeva, A. Kanaev, A. Gulyarenko. Nanoparticle-strengthened-martensitic Surface Layered Constructed Steel by Plasma Hardening Rout // J Nanostruct. – 2021. – T. 11, №4. – P. 814-824. DOI: 10.22052/JNS.2021.02.018
- 10 Kanaev A.T., Sarsembayeva T.E. Vvedenie v nanostrukturnoe materialovedenie [Introduction to nanostructured materials science]. (S.Seifullin KATU., Ast, 2021, 184 p.) [in Russian].

Information about authors:

A. Kanaev – Doctor of Technical Sciences, Professor, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Zhenis Ave., Astana, Kazakhstan.

A. Moldakhmetova – PhD student, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Zhenis Ave., Astana, Kazakhstan.

I. Kossanova – PhD student, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Zhenis Ave., Astana, Kazakhstan.

D. Orynbekov – Candidate of Technical Sciences, Chairman of the Board-Rector, Shakarim University, 20A Glinka Str., Semey, Kazakhstan.

А.Т. Қанаев – техника ғылымдарының докторы, профессор, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

А.Е. Молдахметова – докторант, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

И.М. Косанова – докторант, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

Д.Р. Орынбеков – техника ғылымдарының кандидаты, Басқарма төрағасы-Ректор, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Глинка көш., 20А, Семей, Қазақстан.

А.Т. Канаев – доктор технических наук, профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

А.Е. Молдахметова – докторант, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

И.М. Косанова – докторант, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

Д.Р. Орынбеков – кандидат технических наук, Председатель Правления-Ректор, Университет имени Шакарима г.Семей, ул. Глинка, 20А, Семей, Казахстан.

Б.Ж. Ергеш^{1*}, Г.Т. Бекманова¹, Г.О. Сыздыкова¹, А.А. Жумагулова²

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

²Х.Ж. Садвакасов атындағы Елордалық мектебі, Астана, Қазақстан

E-mail: *b.yergesh@gmail.com

Ахмет Байтұрсынұлының еңбектері бойынша дыбыс жүйесін онтологиялық модельдеу

Аңдатпа. Қазіргі кезде цифрлық форматтағы этносаралық қарым-қатынас тілі ретінде қазақ тілінің қолданыс аясын арттыру және қызметін кеңейту бойынша ғылыми-лингвистикалық негіздер мен IT-ресурстарды әзірлеу өзекті мәселе болып табылады. Сол мәселені шешу үшін орындалып жатқан №BR11765535 грант аясында Ахмет Байтұрсынұлының ғылыми мұрасы және оның еңбектері бойынша барлық құрылымдық қабаттары бар жаңа білім жүйесінен құралған цифрланған материалдарды қосатын «Ахметтану» интеллектуалдық жүйесі әзірленіп жатыр. Мақалада аталған интеллектуалдық жүйеге негіз болатын Ахмет Байтұрсынұлының еңбектері бойынша тілдің құрылымдық деңгейлерінің білімдер базасы негізінде, оның ішінде дыбыс жүйесі мысалында әзірленген онтологиялық модельдеу сипатталған. Ахмет Байтұрсынұлының еңбектері бойынша тілдің дыбыстық жүйесін қолданбалы онтологиялық модельдеу үшін Protégé редакторы қолданылды. Зерттеу нысанына алынған еңбектердегі дыбыс жүйесінің онтологиялық моделі класстардан (түсініктер), олардың қасиеттері мен жеке үлгі даналардан (индивид) тұрады. Табиғи тілді өңдейтін әр түрлі интеллектуалды ақпараттық жүйелер үшін қазақ тілінің ғылыми-лингвистикалық негіздері бөлігінде жаңа нәтижелер Қазақстанда ақпараттық-коммуникациялық технологиялар және қазақ тілінің цифрлану саласының дамуына тікелей әсер етеді.

Түйін сөздер: қазақ тілі, А.Байтұрсынұлының ғылыми мұрасы, тілдің құрылымдық деңгейлері, дыбыс жүйесі, интеллектуалдық жүйе, компьютерлік лингвистика, онтологиялық модель.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-52-59

1. Кіріспе

Ақпараттандырудың жаһандану үдерісіне сай қазақ тілін ғылым тіліне айналдыру мүмкіндігін кеңейту қолданбалы тіл біліміндегі жаңа бағыт – компьютерлік лингвистиканың маңызды мәселелерінің бірі саналады. Бұл бағытта қазақ тіл білімінің негізін салушы, ұлт руханиятының көсемі А.Байтұрсынұлының ғылыми мұрасын цифрландыру, соның негізінде «Ахметтану» интеллектуалдық жүйесін құрудың да маңызы зор.

«Ахметтану» интеллектуалдық жүйесінің негізін ұлт ұстазының тілдің құрылымдық деңгейлеріне қатысты ұғымдары, ғылыми тұжырымдар құрайды.

Бұл мақалада қазақ тілінің дыбыс жүйесін Ахмет Байтұрсынұлының «Тіл-құрал» еңбегі бойынша онтологиялық модельдеу мақсаты көзделеді. А.Байтұрсынұлының дыбыс жүйесі бойынша ғылыми тұжырымдарын интеллектуалдық жүйеге енгізу үшін алдымен жүйеге қажет материалдарды жинақтау, дыбыс жүйесі бойынша білім базасын құру үшін жиналған материалдарды талдау, талданған материалдарды концептуалды сызбаға түсіру, жүйелеу және модельдеу міндеттері айқындалды.

ҒЗЖ аясында А. Байтұрсынұлының “Тіл-құрал” еңбегіндегі дыбыс жүйесіне қатысты терминдері мен олардың анықтамалары, дыбыс түрлері, дауысты және дауыссыз дыбыстардың бөлінісі, сипаты, буын және тасымалдың базасы жасалды.

Нәтижесінде базаға дыбыс жүйесі бойынша төмендегідей мәліметтер енгіздік:

- дыбыс, әріп, буын, тасымал ұғымдарының сипаты;
- дауысты, дауыссыз және жарты дауыстылар, олардың анықтамасы, мысалдары;
- дауысты дыбыстар (толық, аңғал, қымқырулы), шала (ауыз шығысты: босаң, қысаң; мұрын шығысты: босаң, қысаң, тұйық) дауыстылардың түрлері;
- дауыссыз дыбыстар (қатаң, ұяң, ымыралы, ымырасыз);
- буын және тасымал, түрі, анықтамасы, сипаты.

Осы білімдер базасының негізінде дыбыс жүйесінің А.Байтұрсынұлы еңбектері бойынша онтологиялық моделі әзірленді.

2. Әдістер

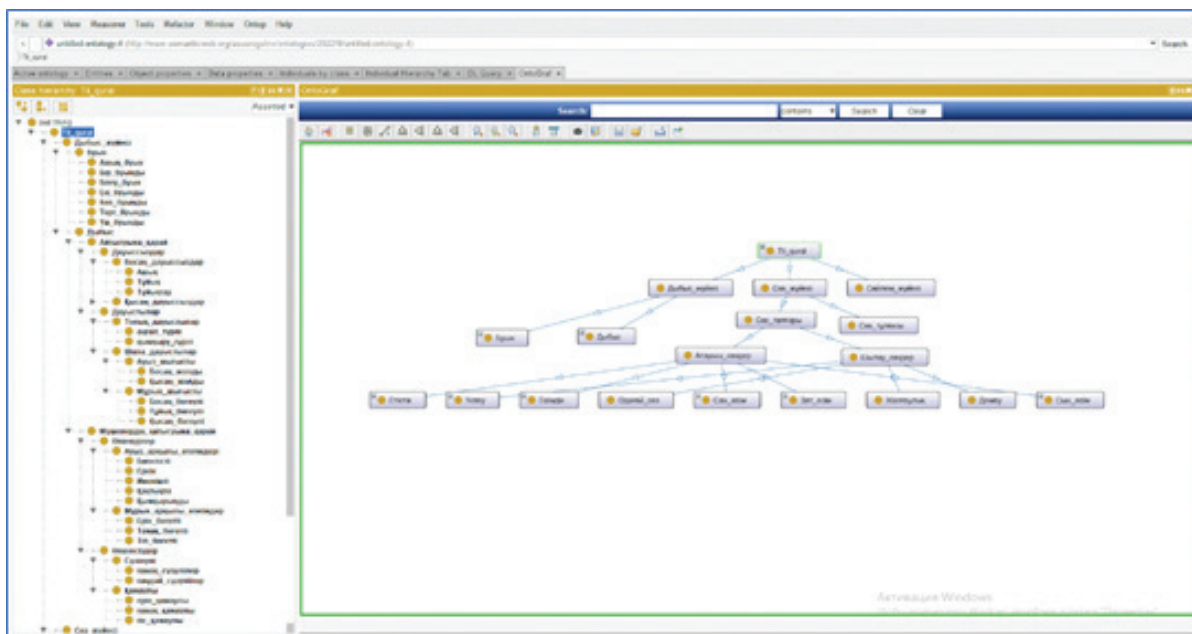
Модельдеу әртүрлі пәндік салалар үшін интеллектуалдық жүйелерді зерттеудің, әзірлеудің ең тиімді құралы болып табылады. Интеллектуалдық жүйелерді құру тәсілдерінің бірі – онтологиялық модельдеу.

Онтология дегеніміз – бұл ұғымдар жиынтығынан және осы ұғымдар туралы тұжырымдар жиынтығынан тұратын концептуалды сызба. Оның негізінде класстарды, қатынастарды, қасиеттерді, функцияларды және индивидтерді (даналарды) сипаттауға болады [1]. Бұл – белгілі бір білім саласын формалды түрде ұсынудың бір түрі. Қазіргі уақытта онтология программалауда, оқытуда, әртүрлі зерттеулерде кеңінен қолданылады. [2-6] Жұмыстарында қазіргі заманғы қазақ тілін математикалық модельдеуде онтологияны сәтті қолданылғанына көз жеткізуге болады.

Онтология тілдің құрылымдық деңгейлерін Ахмет Байтұрсынұлының еңбектері бойынша модельдеу үшін де қолданылды. Бұл жағдайда онтологиялық модельдеу есептің мақсатына сәйкес құрастырылды. Тілдің құрылымдық деңгейлерінің А.Байтұрсынұлы еңбектері бойынша қолданбалы онтологиялық моделі Protégé ортасында құрылды. Себебі бұл орта түсініктерді, нақты нысандарды сипаттауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар онда көптеген операторлар жиынтығы бар. Мұндай онтологияны құру логикалық нәтижеге қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Ахмет Байтұрсынұлының еңбектері бойынша тілдің құрылымдық деңгейлерінің онтологиялық моделі класстардан (түсініктер), олардың қасиеттері мен бөлек үлгі нұсқалардан (индивидтер) тұрады. Онтологияны түзу барысында ең бірінші класстар құрылады.

Ахмет Байтұрсынұлының “Тіл-құрал” еңбегі негізінде құрылған класстар «Class hierarchy» терезесінде келтірілді (1-сурет).



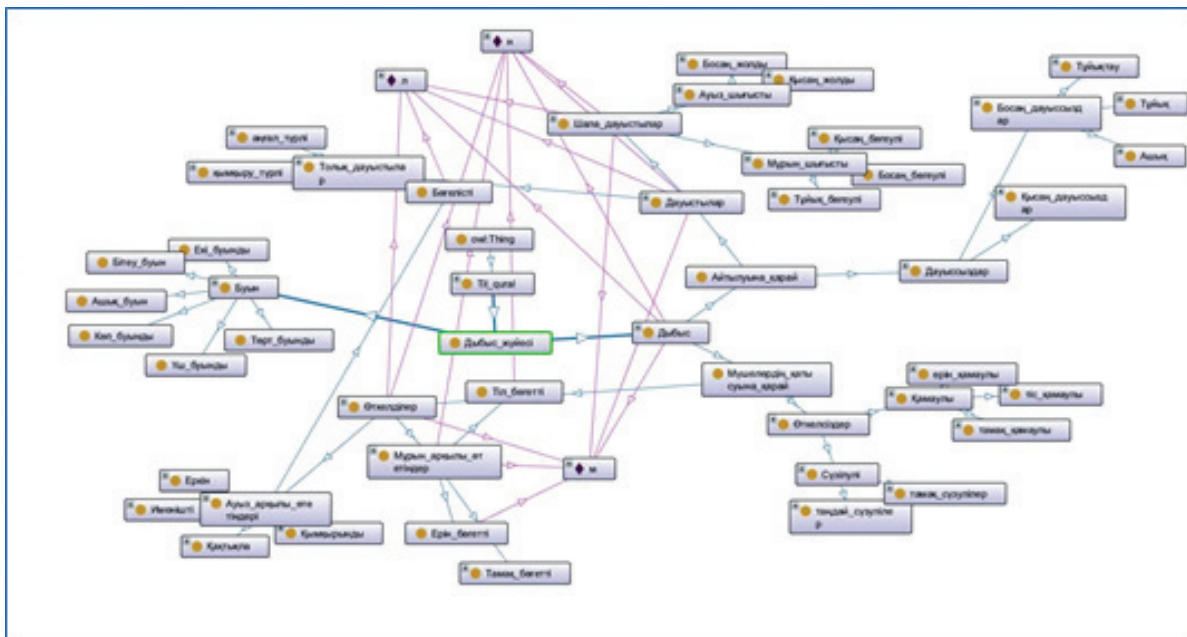
Сурет 1. Ахмет Байтұрсынұлының “Тіл-құрал” еңбегі негізінде құралған онтологиялық модель

Класс дегеніміз – бірдей белгілерді (атрибутор), операцияларды, қатынастарды және семантиканы бөлетін нысандардың сипаттамасы. Ал кез келген нысан класстың үлгі нұсқасы болып табылады.

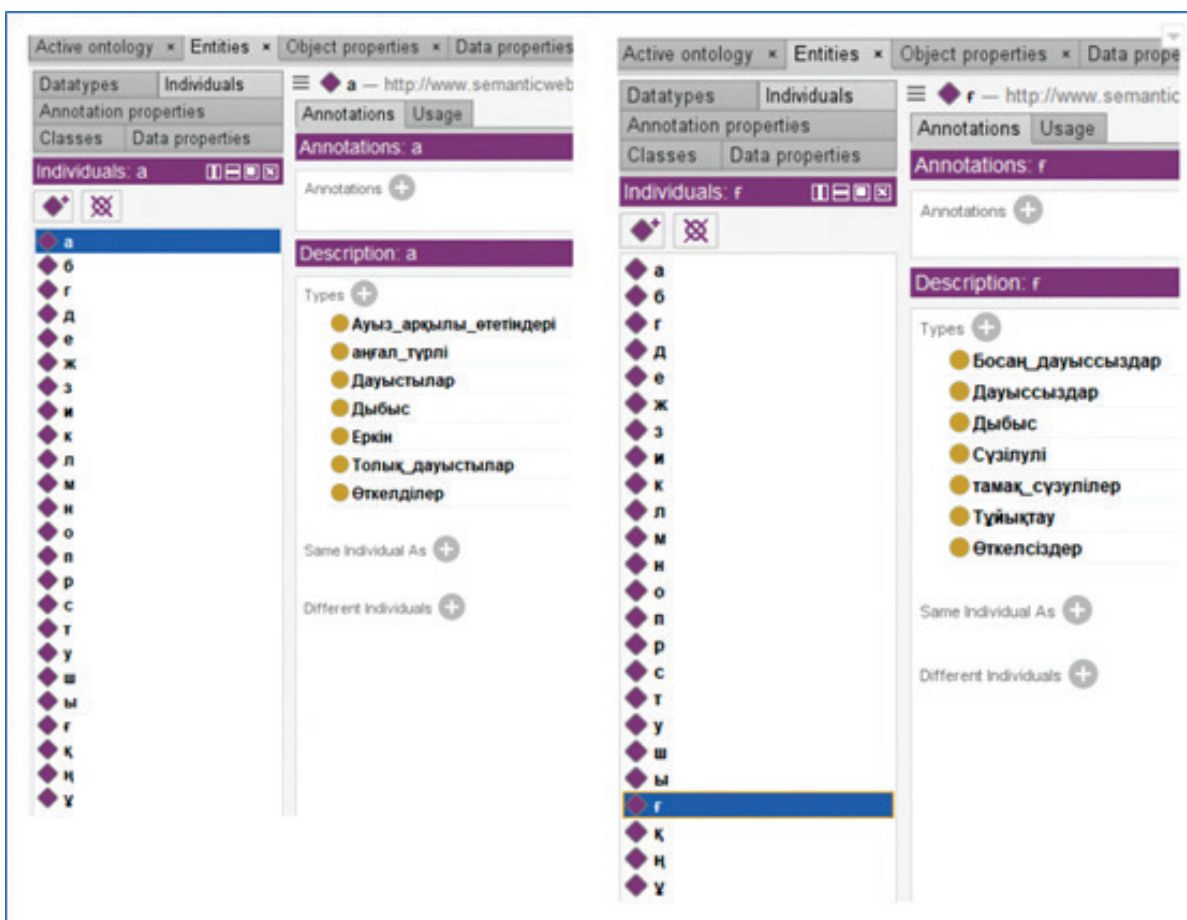
Мұнда THING класы – пәндік саланың барлық нысанын қамтитын жиынтық класс. Пәндік саланың класстары осы класстың ішкі класы болады.

А.Байтұрсынұлы ұсынған дыбыс жүйесіне қатысты терминдер мен олардың анықтамасы, дыбыс түрлері, дауысты және дауыссыз дыбыстардың бөлінісі, сипаты, буын жүйесі базасының онтологиялық моделі ғалымның 1927 жылы Қызылорда қаласында жарық көрген «Дыбыстарды жіктеу туралы» мақаласы [6] негізінде құрастырылды.

А.Байтұрсынұлы ұсынған дыбыс жүйесінің онтологиялық моделінен үзінді 2,3-суреттерде көрсетілген.



Сурет 2. А.Байтұрсынұлы ұсынған дыбыс жүйесінің онтологиялық моделінен үзінді



Сурет 3. А.Байтұрсынұлы ұсынған дыбыстардың сипаттамасынан үзінді

3. Нәтижелер және талқылау

Мақалада А. Байтұрсынұлының “Тіл-құрал” еңбегінде ұсынған дыбыс жүйесіне қатысты терминдері мен олардың анықтамалары, дыбыс түрлері, дауысты және дауыссыз дыбыстардың бөлінісі, сипаты, буын және тасымал жүйесінің базасы және жиналған білім базасының негізінде әзірленген онтологиялық моделдері сипатталды.

А.Байтұрсынұлы ұсынған дыбыс жүйесі бойынша құрылған онтологиялық модель арқылы Protégé редакторында Sparql сұраныстар тілін қолданып сұрақтарға жауап алу мүмкіндігі де бар (4-сурет).

SPARQL query

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
SELECT ?subject ?class
WHERE {
?subject rdfs:subClassOf ?class.
?class rdfs:label "Дауыссыз дыбыстар"@kz
    
```

subject	class
Босаң дауыссыздар	Дауыссыздар
Қысаң дауыссыздар	Дауыссыздар

Сурет 4. Sparql сұраныстар мысалы

Қорыта келгенде, А.Байтұрсынұлының ғылыми мұрасын цифрландыру мақсатында А.Байтұрсынұлы ұсынған дыбыс жүйесіне қатысты терминдер мен олардың анықтамалары, дыбыс түрлері, дауысты және дауыссыз дыбыстардың бөлінісі, сипаты, буын және тасымал жүйесінің базасы жасалып, онтологиялық моделдері әзірленді. Базаға енгізілген деректер А.Байтұрсынұлының «Тіл тағылымы» [8], «Тіл-құрал» [7] еңбектерінен алынды.

Құрылған онтологиялық модель қолданушыға Ахмет Байтұрсынұлының еңбектеріндегі дыбыс жүйесі туралы мол ақпарат алу мүмкіндігін береді. Ғалымның дыбыс жүйесі туралы ғылыми тұжырымдарын, қалыптастырған ұғымдары мен терминдерін жинақтау, жүйелеу, талдау нәтижесінде әзірленген білім базасы, онтологиялық модельдер «Ахметтану» интеллектуалды жүйесінің маңызды құрамдас бір бөлігі саналады.

А. Байтұрсынұлының ғылыми мұрасын цифрлық жүйеде қалың көпшілікке қолжетімді ету – аса қажетті жұмыстардың бірі. Бұған дейін жасаңды интеллект, компьютерлік лингвистика салаларында Ахмет Байтұрсынұлының еңбектері бойынша тілдің құрылымдық деңгейлерінің білімдер базасы әзірленіп, модельденген жоқ. Алынған нәтижелер ағарту және тіл үйрену, интеллектуалды оқыту, білімді бағалау жүйелерінде, тілге байланысты қосымшаларда, электрондық грамматикалық анықтамалықтар әзірлеуде, көптілді электрондық тезаурустарда, мультимедиялық сұрақ-жауап жүйелерінде, кол-орталықтарда, дауыстық көмекшілерде, смарт үйлерде, және т.б. қолданыс тұрғысынан нақты практикалық маңыздылыққа ие.

4. Қорытынды

А. Байтұрсынұлының еңбектеріндегі дыбыс жүйесі бойынша цифрланған білімдер базасын әзірлеу, сондай-ақ онтологиялық модельдер құру негізінде келесі нәтижелер алынды:

– Ахмет Байтұрсынұлының еңбектеріндегі тілдің дыбыс жүйесі бойынша цифрландырылған материалдар;

- Ахмет Байтұрсынұлының мұрасы бойынша тілдің дыбыс жүйесінің білім базасы;
- Ахмет Байтұрсынұлы ұсынған дыбыс жүйесінің онтологиялық моделі.

Осыған дейін ашық қолданыста бұл салада Ахмет Байтұрсынұлының мұралары бойынша тілдің құрылымдық деңгейлері, оның ішінде дыбыс жүйесінің білімдер базасы әзірленіп, модельденген жоқ. Бұл жұмыс орындалып жатқан бағдарлама аясында алғаш рет жасалып, жарияланып отыр.

Зерттеудің алдағы маңызды міндеттерінің бірі Ахмет Байтұрсынұлының мұрасы бойынша тілдің барлық құрылымдық қабаттарына қатысты білімнің онтологиялық моделін құру, цифрланған жаңа мәліметтер қосу және түзету функциясы бар қазақ тілінде қолданушылық интерфейстен тұратын «Ахметтану» интеллектуалдық жүйесін әзірлеу болып табылады.

Растау

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырады (№BR11765535 грант).

Әдебиеттер тізімі

- 1 Gruber T. R. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications // Knowledge Acquisition. – 1993. – Vol.5(2). – С. 199-220.
- 2 Sharipbay A., Yergesh B., Razakhova B., Yelibayeva G., Mukanova A. Syntax parsing model of Kazakh simple sentences // ACM International Conference Proceeding Series. - 2019. - art. no. a54, doi: 10.1145/3368691.3368745.
- 3 Yelibayeva G., Mukanova A., Sharipbay A., Zulkhazhav A., Yergesh B., Bekmanova G. Metalanguage and Knowledgebase for Kazakh Morphology // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). – 2019. – Vol. 11619 LNCS. - P. 693 – 706, doi: 10.1007/978-3-030-24289-3_51.
- 4 Mukanova A., Yergesh B., Yelibayeva G., Bekmanova G. Applying the Ontological Approach to Electronic Guide Development //2022 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS). - Istanbul, Turkey, 2022. – P. 1-4, doi: 10.1109/ICEMIS56295.2022.9914299.
- 5 Yelibayeva G., Yergesh B., Bekmanova G., Razakhova B., Sharipbay A., Mukanova A. Modelling of Verb Phrases of the Kazakh Language // 2022 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS). – 2022. - P. 1-3, doi: 10.1109/ICEMIS56295.2022.9914015.
- 6 Omarbekova A., Sharipbay A., Barlybaev A. Generation of Test Questions from RDF Files Using PYTHON and SPARQL // Journal of Physics: Conference Series. - 2017. Vol. 806 (1). - art. no. 012009, doi: 10.1088/1742-6596/806/1/012009.
- 7 Шәріпбай А.Ә., Разахова Б.Ш., Муканова А.С., Ергеш Б.Ж. Қазақ тілі грамматикасының математикалық және онтологиялық моделдері мен электрондық тезаурусы. Монография. - Нұр-Сұлтан: «Бұлатов А.Ж.» ЖК. – 2020. – 218 с.
- 8 Шарипбай А.А., Муканова А.С., Ергеш Б.Ж., Разахова Б.Ш., Елибаева Г.К. Разработка онтологической модели грамматики казахского языка // Вычислительная обработка казахского языка: сборник научных трудов / под редакцией Рахимовой Д.Р. – Алматы: Қазақ университеті, 2020. – Глава 1. – С.6-32.
- 9 Байтұрсынұлы А. Тіл – құрал. – Алматы: Сардар. – 2009. - 348 б.
- 10 Байтұрсынұлы А. Тіл тағылымы. – Алматы: Ана тілі. – 1992. - 448 б.

Онтологическое моделирование звуковой системы по наследию Ахмета Байтурсынулы

Б.Ж. Ергеш^{1*}, Г.Т. Бекманова¹, Г.О. Сыздыкова¹, А.А. Жумагулова²

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

²Столичная Школа имени Х.Ж. Садвакасова, Астана, Казахстан

Аннотация. В настоящее время разработка научно-лингвистических основ и IT-ресурсов по расширению деятельности и использования казахского языка как языка межэтнического общения в цифровом формате является актуальной задачей. Для решения этой задачи в рамках гранта №BR11765535 разрабатывается интеллектуальная система «Ахметтану», которая включает базу данных по научному наследию Ахмета Байтурсынулы и новые системы знаний по всем структурным ярусам языка в свете его учений. В статье описываются онтологические модели, разработанные на основе базы знаний структурных уровней казахского языка на примере звуковой системы, по учению Ахмета Байтурсынулы. Данные модели являются основой для разработки интеллектуальной системы. Для прикладного онтологического моделирования звуковой системы языка по наследию Ахмета Байтурсынулы был использован редактор Protégé. Онтологическая модель звуковой системы в работе состоит из классов (понятий), их свойств и отдельных экземпляров (индивидов). Новые результаты научно-лингвистических основ казахского языка для различных интеллектуальных систем, обрабатывающих естественный язык, оказывают непосредственное влияние на развитие информационно-коммуникационных технологий и цифровизацию казахского языка в Казахстане.

Ключевые слова: казахский язык, научное наследие А. Байтурсынулы, структурные уровни языка, звуковая система, интеллектуальная система, компьютерная лингвистика, онтологическая модель.

Ontological modeling of the sound system based on the heritage of Akhmet Baitursynuly

B. Yergesh¹, G. Bekmanova¹, G. Syzdykova¹, A. Zhumagulova²

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

²Kh. Sadvakasov Capital School, Astana, Kazakhstan

Abstract. At present, the development of scientific and linguistic foundations and IT resources to expand the activities and use of the Kazakh language as a language of interethnic communication in digital format is an actual task. To solve this problem, within the framework of grant No. BR11765535, the "Akhmettanu" intellectual system is being developed, which includes a database on the scientific heritage of Akhmet Baitursynuly and new knowledge systems for all structural layers of the language in the light of his teachings. The article describes ontological models developed on the basis of the knowledge base of the structural levels of the Kazakh language on the example of the sound system, according to the teachings of Akhmet Baitursynuly. These models are the basis for the development of an intelligent system. Protégé editor was used for applied ontological modeling of the language sound system following the heritage of Ahmet Baitursynuly. The ontological model of the sound system in the work consists of classes (concepts), their properties and instances (individuals). New results of the scientific and linguistic foundations of the Kazakh language for various intelligent systems that process natural language have a direct impact on the development of information and communication technologies and the digitalization of the Kazakh language in Kazakhstan.

Keywords: Kazakh language, scientific heritage of A. Baitursynuly, structural levels of language, sound system, intelligent system, computational linguistics, ontological model.

References

- 1 Gruber T. R. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications, Knowledge Acquisition, 5(2), 199-220 (1993).
- 2 Sharipbay A., Yergesh B., Razakhova B., Yelibayeva G., Mukanova A. Syntax parsing model of Kazakh simple sentences, ACM International Conference Proceeding Series, art. no. a54 (2019), doi: 10.1145/3368691.3368745.

- 3 Yelibayeva G., Mukanova A., Sharipbay A., Zulkhazhav A., Yergesh B., Bekmanova G. Metalanguage and Knowledgebase for Kazakh Morphology, Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 11619 LNCS, 693 – 706 (2019), doi: 10.1007/978-3-030-24289-3_51.
- 4 Mukanova A., Yergesh B., Yelibayeva G., Bekmanova G. Applying the Ontological Approach to Electronic Guide Development, 2022 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS), 1-4, (2022), doi: 10.1109/ICEMIS56295.2022.9914299.
- 5 Yelibayeva G., Yergesh B., Bekmanova G., Razakhova B., Sharipbay A., Mukanova A. Modelling of Verb Phrases of the Kazakh Language // 2022 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS), 1-3 (2022), doi: 10.1109/ICEMIS56295.2022.9914015.
- 6 Omarbekova A., Sharipbay A., Barlybaev A. Generation of Test Questions from RDF Files Using PYTHON and SPARQL, Journal of Physics: Conference Series, 806 (1), art. no. 012009 (2017), doi: 10.1088/1742-6596/806/1/012009.
- 7 Sharipbay A.A., Razakhova B. Sh., Mukanova A. S., Yergesh B. Zh. Qazaq tili grammatikasynyn matematikalyq zhane ontologiyalyq modelder men elektrondyq tezaurusy [Mathematical and ontological models and electronic thesaurus of the Kazakh language grammar], Monograph (IP “Bulatov A. Zh.”, Nur-Sultan, 2020, 218 p.) [in Kazakh].
- 8 Sharipbay A. A., Mukanova A. S., Yergesh B. Zh., Razakhova B. Sh., Yelibayeva G. K. Razrabotka ontologicheskoi modeli grammatiki kazahskogo yazyka [Development of ontological models of grammar of the Kazakh language], Vychislitel'naya obrabotka kazahskogo yazyka: sbornik nauchnykh trudov pod redakciei Rahimovoi D.R. [The computational processing of the Kazakh language: scientific works / under the editorial board Rakhimova D. R.] (Kazakh University, Almaty, 2020, p. 6-32) [in Russian].
- 9 Baitursynuly A. Language is a tool [Til-qural] (Sardar, Almaty, 2009, 348 p) [in Kazakh].
- 10 Baitursynuly A. Language lessons [Til tagylymy]. (Ana tili, Almaty, 1992, 448 p) [in Kazakh].

Авторлар туралы мәлімет:

Б.Ж. Ергеш – PhD, Электрондық оқытуды және құжат айналымын сүйемелдеу секторының менеджері, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Г.Т. Бекманова – PhD, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, цифрлық даму және қашықтықтан оқыту департаментінің директоры, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Г.О. Сыздықова – ф.ғ.д., қазақ тіл білімі кафедрасының профессоры, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

А.А. Жумагулова – PhD, қазақ тілі және әдебиет мұғалімі, Х.Ж. Садвакасов атындағы Елордалық мектебі, Ақын Сара көш., 21, Астана, Қазақстан.

В. Yergesh – PhD, e-learning support and document management sector manager, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

G. Bekmanova – PhD, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of Digital Development and Distance Learning Department, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

G. Syzdykova – Doctor of Philology, Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

A. Zhumagulova – PhD, Kazakh Language and Literature Teacher, Kh. Sadvakasov Capital School, 21 Akyn Sara st., Astana, Kazakhstan.

Б.Ж. Ергеш – PhD, менеджер сектора сопровождения электронного обучения и документооборота, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Г.Т. Бекманова – PhD, к.т.н., ассоц. профессор, Директор департамента цифрового развития и дистанционного обучения, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Г.О. Сыздықова – д.ф.н., профессор кафедры казахского языкознания, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

А.А. Жумагулова – PhD, учитель казахского языка и литературы, Столичная Школа имени Х.Ж. Садвакасова, ул. Ақын Сара, 21, Астана, Казахстан.

В.В. ЯскевичSatbayev University, Алматы, Казахстан
E-mail: yaskevich_87@mail.ru

Генезис автоматизации архитектурно-строительного проектирования

Аннотация. Статья посвящена развитию автоматизации в архитектурно-строительном проектировании в контексте технологического прогресса XX-XXI веков. В рамках исследования изучены отечественные и зарубежные публикации по выбранной теме. Из многочисленных научных и технологических открытий в области технических средств и программного обеспечения, оказавших влияние на автоматизацию современных процессов проектирования, выбраны и рассмотрены самые значительные. В результате анализа выделено 4 этапа развития проектирования с точки зрения автоматизации (традиционное (ручное), САД, BIM, ИИ(AI)), предпринята попытка оценить степень автоматизации на каждом из этапов. Для этого использованы сложившиеся методики оценки автоматизации в интерпретации, учитывающей особенности архитектурной деятельности. Учитываются последние достижения в использовании для проектирования технологий 4-й промышленной революции, таких, как искусственный интеллект, виртуальная реальность, 3D печать и т.д. В заключении рассматриваются возможные перспективы архитектуры в связи с применением существующих и появлением новых технологий.

Ключевые слова: автоматизация, архитектура, проектирование, технологии, оценка, эволюция.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-60-73

1. Введение

Эволюция любой сферы человеческой деятельности всегда сопровождается развитием инструментов, с помощью которых она осуществляется. Это утверждение также справедливо и для архитектуры. Но если история архитектуры иллюстрируется множеством стилей и впечатляющих изменений в формообразовании, функциональном содержании, конструкциях, то со времен античности и до 20-го столетия инструменты, использовавшиеся для проектирования претерпели не так много преобразований. Среди них можно выделить изобретение сначала обычного (600 г. н.э.) а затем металлического (1803 г.) пера, бумаги (105 г. н.э.) и её машинного производства (1806 г.), а также «кульмана» (1850-е). Сам же технический процесс работы архитектора над проектом оставался по сути своей неизменным и состоял в нанесении на лист чертежей и изображений вручную с помощью тех или иных письменных и чертёжных инструментов [1].

20-й век, начало которого ознаменовалось началом развития системы поточной организации производства, оказался тем периодом, когда появились технологии, позволившие оптимизировать и автоматизировать также и некоторые процессы в работе архитектора. Предпосылками для этого стали как общее убеждение в безграничных возможностях машин, в широком смысле этого слова, так и связанное с этим развитие электроники и вычислительных машин. Две мировые войны создали условия, когда

развитие новых технологий было стимулировано зависимостью от них стратегического превосходства тех или иных стран и соответственно значительными ресурсами, которые выделялись ученым.

Несмотря на то, что автоматизации проектирования посвящено достаточно много трудов таких авторов, как Yehuda E. Kalay, Robert Aish, John Gero, Terry W. Knight и Charles M. Eastman. В то же время на сегодняшний момент нет работ, раскрывающих этот процесс в целом - в исторической перспективе. Целью данной статьи стало дать общую характеристику процесса развития автоматизации в архитектурном проектировании. Это позволит специалистам и широкому кругу читателей лучше ориентироваться в современной профессиональной среде и понимать существующие тренды как закономерную часть общего процесса, а также предполагать дальнейшие возможности развития.

2. Методы

В исследовании можно выделить два основных блока – обзор развития компьютерных технологий в рамках автоматизации архитектурно-строительного проектирования и анализ степени автоматизации в зависимости от их применения.

Обзор осуществлялся на основе анализа литературы и интернет-источников. Основными критериями отбора были новизна (оригинальность) исследований или технологий в контексте соответствующего периода времени и их влияние на дальнейшее развитие и степень автоматизации работ.

В исследовании рассмотрены 3 основные направления:

- Развитие аппаратного обеспечения (Hardware)
- Развитие теории и практики программного обеспечения (Software)
- Развитие искусственного интеллекта (Artificial Intelligence)

Для анализа степени автоматизации в качестве основы была использована базовая система оценки [2] (включающая 10 уровней автоматизации процессов при работе с компьютерными системами. Однако в связи с определенной спецификой проектной деятельности она была существенно переработана.

Если рассматривать саму структуру процесса, то, по Шеридану, однородность операций в большей степени определяется местом в последовательности элементарных действий чем этапом общего процесса (например, операции при погружении, работе на дне, всплытии принципиально не отличаются и представляют собой в конечном итоге определенное механическое действие аппарата). В проектировании же действия очень разнообразны и их однородность в большей степени определяется этапом общего процесса – так на этапе предпроектного анализа идет сбор и изучение информации, на этапе концептуального проектирования – творческий поиск идеи и т.д. (Таблица 1).

Таблица 1. Последовательность действий для оценки автоматизации

Последовательность операций, по Шеридану	Последовательность этапов в архитектурно-строительном проектировании
Запрос исходных данных	Предпроектный анализ
Получение исходных данных	Концептуальное предложение
Выбор варианта действия	Эскизный проект
Утверждение или отклонение выбора	Рабочее проектирование
Выполнение действия	Строительство
Информирование о результатах действия	

С точки зрения уровней автоматизации предлагается общепринятая в инженерной и информационной области классификация уровней автоматизации проектирования. Она основана на принципах автоматизации и понятиях, широко используемых в области проектирования и разработки систем [3] (Таблица 2).

Таблица 2. Уровень автоматизации при проектировании

Уровень автоматизации	Степень автоматизации	Краткое описание
Level 1: Человек выполняет все задачи проектирования. Компьютер не используется.	Отсутствует	Проектирование полностью выполняется ручным образом без применения компьютерных технологий.
Level 2: Человек выполняет все задачи проектирования, используя компьютер для документирования и представления результатов.	Низкая	В этом случае компьютер используется в основном для создания документации и представления результатов проектирования, но не участвует в процессе самого проектирования.
Level 3: Человек выполняет основные задачи проектирования, используя компьютер для выполнения некоторых рутинных операций.	Средняя	На этом уровне компьютер помогает архитектору в выполнении рутинных операций, таких, как расчеты и создание чертежей, что ускоряет процесс проектирования и повышает точность.
Level 4: Компьютер выполняет некоторые проектировочные задачи, человек осуществляет контроль и принимает решения.	Высокая	На этом уровне компьютер активно участвует в процессе проектирования, выполняя некоторые задачи, такие, как генерация дизайн-вариантов, анализ данных и оптимизация проектов. Человек остается вовлеченным для контроля, принятия решений и оценки результатов
Level 5: Компьютер полностью автоматизирует процесс проектирования, человек играет роль консультанта и наблюдателя.	Максимальная	На этом уровне компьютер полностью берет на себя процесс проектирования, принимает решения и генерирует оптимальные решения. Человек выступает в роли консультанта, оценивая результаты и вносящего рекомендации при необходимости.

Исходя из данной системы проводился анализ и оценка процессов архитектурного проектирования в ходе их изменения под влиянием технологического развития в 20-м и 21-м веках.

3. Развитие технологий автоматизации в сфере архитектурно-строительного проектирования

3.1 Развитие аппаратного обеспечения

В данном разделе мы рассмотрим появление устройств, которые сыграли роль в автоматизации архитектурного проектирования. Для удобства они разделены по функциональному типу.

Одним из базовых условий взаимодействия человека и компьютера является возможность ввода данных. Для этого сегодня используется множество устройств, наиболее распространенные из которых мы здесь рассмотрим. Наиболее простыми и широко используемыми устройствами являются клавиатуры. Они используются для ввода

текстовой информации, параметров проекта и команд в программные средства САПР. Первые прототипы клавиатур появились в конце XIX века. В 1874 году Кристофер Шоу разработал первую механическую клавиатуру для своей типографской машины. Не менее важными являются так называемые компьютерные мыши. Они обеспечивают точное управление указателем на экране, что полезно при редактировании и взаимодействии с графическими приложениями. Мышь в качестве устройства ввода была представлена в 1964 году в лаборатории Стэнфордского исследовательского института (SRI) Дугласом Энгелбартом и представляла собой деревянный корпус с двумя колесиками и кнопкой. Кроме того, используются графические планшеты, стилусы, тачскрины и другие манипуляторы, которые позволяют рисовать и вводить графическую информацию, делать эскизы и редактировать чертежи.

Кроме того, надо отметить инструменты для передачи информации о реальных объектах в компьютер. К примеру, лазерные сканеры позволяют считывать геометрические данные с реальных объектов и импортировать их в программы моделирования. Первый коммерчески успешный лазерный сканер появился в 1984 году и был представлен компанией LaserData. Он использовал лазерное сканирование для считывания геометрической информации с поверхностей объектов. 3D-сканеры используются для создания точных трехмерных моделей объектов и местности. Камеры и фотоаппараты применяются для фиксации фотографий и изображений, которые могут служить исходными данными для проектирования. В последнее время также широкое распространение получили разнообразные датчики, позволяющие получать информацию о физических свойствах среды. Подобные инструменты сегодня позволяют создавать базы данных, на основе которых алгоритмы способны моделировать проектные предложения.

Не менее важное значение имеет и вывод информации. Принтеры и плоттеры, первые из которых вошли в широкое употребление в 1960-х годах используются для печати чертежей и документации проекта в форме бумажных копий. Мониторы, полнофункциональные модели которых появились в 1970-х, предоставляют визуальное отображение чертежей, моделей и другой информации, позволяя архитекторам анализировать и взаимодействовать с проектами. Отдельного внимания заслуживают современные технологии виртуальной и дополненной реальности, которые позволяют архитекторам взаимодействовать с виртуальными моделями и сценами, предоставляя более реалистичные и интуитивные возможности просмотра и визуализации проектов. Первые прототипы устройств виртуальной реальности появились в 1960-х годах. В 1968 году Иван Сазерленд и Боб Спрулл создали первый графический интерфейс виртуальной реальности, известный как «Сверхмозг». Первые примеры дополненной реальности появились в 1990-х годах. В 1992 году Марк Борнхольд разработал систему «Virtual Fixtures», которая сочетала виртуальные объекты с реальной средой.

Развитие робототехники позволило создавать устройства для создания физических моделей. Например, 3D-принтеры создают физические модели проектов на основе трехмерных цифровых моделей. Первый 3D-принтер был разработан Чарльзом Халлом в 1984 году. Он использовал процесс, называемый лазерным спеканием, для создания трехмерных моделей из пластичных материалов. Режущие и гравировальные станки используются для создания прототипов и деталей проектов из различных материалов. Сегодня в строительстве существуют и другие системы автоматизированного производства позволяющие создавать строительные объекты без участия человека.

Это лишь некоторые примеры устройств, которые способствуют автоматизации архитектурного проектирования. С развитием технологий и инноваций список таких устройств и инструментов продолжает расширяться, обеспечивая архитекторам более эффективные и удобные способы работы с проектами.

Но, конечно, основу составляют аппаратные платформы: серверы, настольные и портативные компьютеры обеспечивают вычислительные мощности и хранение данных, необходимые для работы программных средств САПР и BIM. Развитие вычислительных

машин является важной частью истории информационных технологий. Оно простирается на протяжении десятилетий, начиная с появления первых устройств и до современных высокопроизводительных компьютеров. Историю развития вычислительных машин можно разделить на несколько ключевых этапов:

1. Механические вычислительные машины: в конце 19 века появились первые механические устройства, предназначенные для выполнения вычислений. Примером такой машины является аналитический двигатель Чарльза Бэббиджа, разработанный в 1837 году.

2. Электромеханические машины: в 1930-х годах появились первые электромеханические компьютеры, которые использовали электрические сигналы для управления механическими компонентами. Примером таких машин является компьютер Марк I, созданный Говардом Эйкенем и его коллегами в Гарвардском университете.

3. Транзисторные компьютеры: в середине 20 века произошел революционный прорыв с появлением транзисторов, которые заменили электромеханические компоненты. Это позволило создать более компактные и энергоэффективные компьютеры. Одним из знаковых моментов было появление компьютера UNIVAC I в 1951 году.

4. Интегральные схемы: в 1960-х годах разработка интегральных схем привела к уменьшению размеров компьютеров и повышению их производительности. Были созданы мини-компьютеры, предназначенные для использования в бизнесе и научных исследованиях.

5. Микропроцессоры и персональные компьютеры: в 1970-х годах появились микропроцессоры, которые стали основой для создания персональных компьютеров. Это привело к распространению компьютеров в домашней и рабочей среде.

6. Суперкомпьютеры и параллельные вычисления: В последние десятилетия развитие вычислительных машин сосредоточено на создании суперкомпьютеров с высокой вычислительной мощностью. Также активно развиваются параллельные вычисления, которые позволяют использовать несколько процессоров для выполнения задачи одновременно.

Эти этапы развития вычислительных машин представляют прогресс миниатюризации, увеличении производительности и повышении доступности компьютеров для широкой аудитории. Сегодняшние вычислительные системы продолжают развиваться, применяя новейшие технологии, такие, как искусственный интеллект, облачные вычисления и квантовые вычисления, открывая новые возможности в различных областях, включая автоматизацию архитектурного проектирования.

3.2 Развитие теории и практики программного обеспечения

Первыми значительными научными работами, предопределившими компьютеризацию проектирования, стали «Концептуальные основы «усиления» человеческого интеллекта» Дугласа Энгельбарта, вышедшая в 1962-м году [4] и «Система графической коммуникации человека и машины: Скetchпад», опубликованная в 1963-м [5]. Эти исследования во многом заложили основы дальнейшего развития как графических возможностей компьютеров, так и автоматизации при работе с их помощью.

Дуглас Энгельбарт в своей работе «Концептуальные основы «усиления» человеческого интеллекта» сформулировал и проиллюстрировал многие из принципиальных возможностей компьютеров, которыми мы пользуемся сегодня. В том числе его исследования коснулись и проектной деятельности архитектора. В работе, в частности, впервые отражены основные принципы того, что сейчас называется информационным моделированием здания (BIM):

- создание трехмерной модели, элементы которой обладают неграфической (негеометрической) информацией, необходимой для технической документации и расчетов;

- компьютерный анализ модели с целью выявления возможных ошибок (коллизий) и оптимизации решений (то, что сейчас принято называть «генеративный дизайн»);
- совместная работа над моделью нескольких специалистов, использование модели клиентом и строителями.

Таким образом, именно эту работу можно считать отправной точкой истории технологии BIM как первого этапа автоматизации в проектировании.

Отдельно можно выделить труды Кристофера Александра «Примечания к синтезу форм», «Орегонский эксперимент» [6,7] и др., особо отмеченные в работе Раппапорта А.Г. «К пониманию архитектурной формы» [8]. Кристофер обращается к самому творческому методу архитектора, предпринимает попытку синтезировать это решение на основе логических связей, используя компьютер как инструмент для анализа определенной базы компонентов, выбора и компоновки их в целостное решение. И если BIM касается в основном автоматизации рутинных операций, анализа, расчетов и других процессов, то теории Кристофера описывают перспективы следующего шага, когда до определенной степени (автор не отрицает важности архитектора как творца, чья интуиция играет определяющую роль в формировании проекта), автоматизирован будет сам процесс принятия решений. Сегодня мы можем наблюдать первые признаки реализации идей Кристофера в виде «параметрического моделирования», где процесс формообразования соподчинен заложенным объективным или субъективным параметрам.

Первой же книгой, затронувшей непосредственно проблемы архитектурного проектирования с точки зрения использования компьютера, была «Компьютерное архитектурное проектирование» Джона Митчелла, в книге демонстрировались уже не только технические, но и визуально-графические возможности ЭВМ, в частности, цветная, тонированная 3-хмерная графика, к тому моменту находившаяся на начальном этапе развития, но уже позволявшая выполнять достаточно сложные формы [9].

Система описания элементов здания, выполненная в виде базы данных, связанной с этими элементами (BDS - Building Description System) была впервые реализована Чарльзом Истманом [11,12] (который до сих пор считается одним из наиболее авторитетных экспертов в BIM). Именно возможность автоматически обрабатывать эти негеометрические сведения для формирования смет, спецификаций, расчетов и другой проектной документации определила будущее превосходство систем автоматического проектирования над традиционным – ручным способом ведения проектных работ. Предполагается, что именно трансформации термина Building Description System в применении к различным сферам (Building Product Models, Product Information Models) в итоге дало современную формулировку Building Information Model [13].

Более сложным этапом, ввиду разнообразия возможных задач и сложности аналитических алгоритмов, стала реализация компьютерного анализа модели с целью получить рекомендации по её оптимизации по тем или иным параметрам. Если у Энгельбарта описывается возможность отслеживания, к примеру, солнечных лучей и потоков людей в здании, то на практике программная система RUCAPS, разработанная компанией GMW Computers в 1986 году, анализировала графики производства строительных работ и давала советы по их оптимизации при строительстве третьего терминала аэропорта Хитроу [14].

Однако несмотря на то, что к концу 80-х BIM как технология уже обрела свои основные современные черты и возможности, её широкое использование требовало подготовительного периода. Помимо необходимости дорогостоящего оборудования, программного обеспечения и специально обученных сотрудников, стояла проблема общей адаптации специалистов к возможности работать на компьютере. В такой ситуации программы, позволяющие реализовывать BIM с еще достаточно громоздкими и сложными в эксплуатации интерфейсами и узкой специализацией, не могли приобрести большой популярности. Поэтому в 80-х и 90-х годах развитие технологии шло достаточно медленно, а распространения приобрели так называемые CAD программы (CATIA, Pro/Engineer, Unigraphics, I-DEA, AutoCAD, Bentley's Microstation).

Можно отметить, что системы САД практически не требовали изменения в традиционной организации проектирования. Фактически они лишь позволяли заменить ручные инструменты на электронные, давая определенные преимущества прежде всего благодаря более надежному хранению и быстрому копированию данных [15]. Вместе с тем к началу 2000-х они подготовили условия, необходимые для внедрения BIM, – повсеместное использование компьютеров в проектировании, компьютерная грамотность и обучаемость специалистов, развитие интерфейсов. Также компании, продвигающие свои продукты для реализации BIM во время этого, подготовительного, периода, смогли набрать достаточный опыт и базу практических примеров, чтобы проиллюстрировать эффективность их использования.

Одно из первых комплексных BIM-решений, которые получили длительное развитие и функционируют до сих пор – ArchiCAD, был разработан Габором Бояром в Будапеште (Венгрия) в 1982 году (первоначальное название – Radar CH). Столкнувшись с уже описанными выше проблемами в 1980-2000-е годы, этот продукт тем не менее продолжал своё постепенное развитие и получил распространение в 2007-2011 годах. Другой лидирующий на современном рынке продукт – Revit, «написал» Леонид Райз, выросший и получивший образование в Санкт-Петербурге уже в 2000 году. Вобрав в себя сформировавшиеся уже на тот момент представления о BIM и попав в подготовленную среду, Revit стал одним из наиболее популярных платформ для BIM.

Однако развитие и применение BIM само по себе не привело к значительным сдвигам в уровне автоматизации. Основная роль этой методики в том, что вся информация о строительном объекте может быть приведена в структурный, хорошо приспособленный для машинной обработки вид. Автоматизация происходила за счет разработки и внедрения разнообразных типовых элементов, шаблонов, алгоритмов, позволяющих минимизировать рутинные операции. Также в большой степени удалось автоматизировать обработку данных – расчеты, анализ, планирование. Интеллектуальная сложность самого процесса проектирования ограничила применение обычных программных средств в замещении участия человека. И только в последние годы началось внедрение технологий, позволяющих преодолеть этот барьер.

3.3 Развитие искусственного интеллекта

Практически вместе с возникновением первых компьютеров ученые начинают сопоставлять деятельность вычислительных машин и человеческого мозга. Наиболее дальновидные умы в уже в середине 20-го века приходят к выводам о том, что разница не столь велика, как может показаться. Одним из основоположников понятия «искусственный интеллект» был А.Тьюринг (в 1950 г.). Он был убежден в возможности создать машину, воспроизводящую мыслительные процессы человека путем её последовательного обучения [16].

Несколько ранее (в 1943 г.) У. Маккалок и У. Питтс приходят к пониманию того, что работу нейронной сети мозга можно представить в виде логических (а следовательно, математических) процессов [17]. Это определило теоретическую возможность создания искусственного аналога человеческого мозга. Однако вследствие необходимости больших вычислительных ресурсов и проблем с формированием алгоритмов обучения долгое время данный принцип уступал традиционным способам программирования.

Нельзя отрицать того, что на сегодняшний день создано огромное количество различных алгоритмов без использования нейросетей, призванных оптимизировать в том числе процессы, связанные с архитектурным проектированием, однако все они решают очень узкие задачи и замещают выполнение наиболее простых рутинных операций. В течение второй половины 20-го века развитие теории нейросетей и машинного обучения, а также бурное развитие аппаратных ресурсов сформировали базу для более широкого применения идей об искусственном интеллекте в проектировании.

2022-2023 годы стали знаковыми с точки зрения широкого распространения и внедрения нейросетей в качестве основы для искусственного интеллекта. Одной из причин

такого всплеска можно считать достижения в области генерации и анализа «естественного языка» [18], позволившие человеку взаимодействовать с компьютерными системами на уровне повседневного диалога, в том числе осуществляя задачи управления, обучения и программирования [19].

Это открыло возможности к формированию нейросетей любого назначения неограниченному кругу пользователей. В короткое время возникло множество нейросетей, позволяющих генерировать визуальные изображения (Midjourney, Blue Willow, Kandinsky 2.1, Playground и др.). В проектировании это направление позволило существенно оптимизировать и в некоторой степени автоматизировать задачи по визуализации архитектурных решений. Кроме уже перечисленных ИИ платформ, позволяющих сгенерировать изображение по исходной информации, выраженной в текстовом формате, появились аналогичные специализированные решения, позволяющие сформировать варианты дизайна для схематичных проектных материалов (Veras, ArkoAI). Более сложные системы включают в себя не только генеративные механизмы, но и базы данных, необходимых при проектировании. Так, например, в платформе Archistar содержатся всевозможные картографические сведения об участке, такие, как примерная стоимость, целевое назначение, расположение инженерных сетей, ограничения застройки, риск подтопления и многие другие. На основе этих данных и запроса пользователя платформа может генерировать варианты концептуальные проектные решения и рассчитывать их технико-экономические показатели, степень аэрации и инсоляции и другие данные. Аналогичными и даже более широкими возможностями обладают такие платформы, как Digital Blue Foam, Spacemakers, Cove.tool.

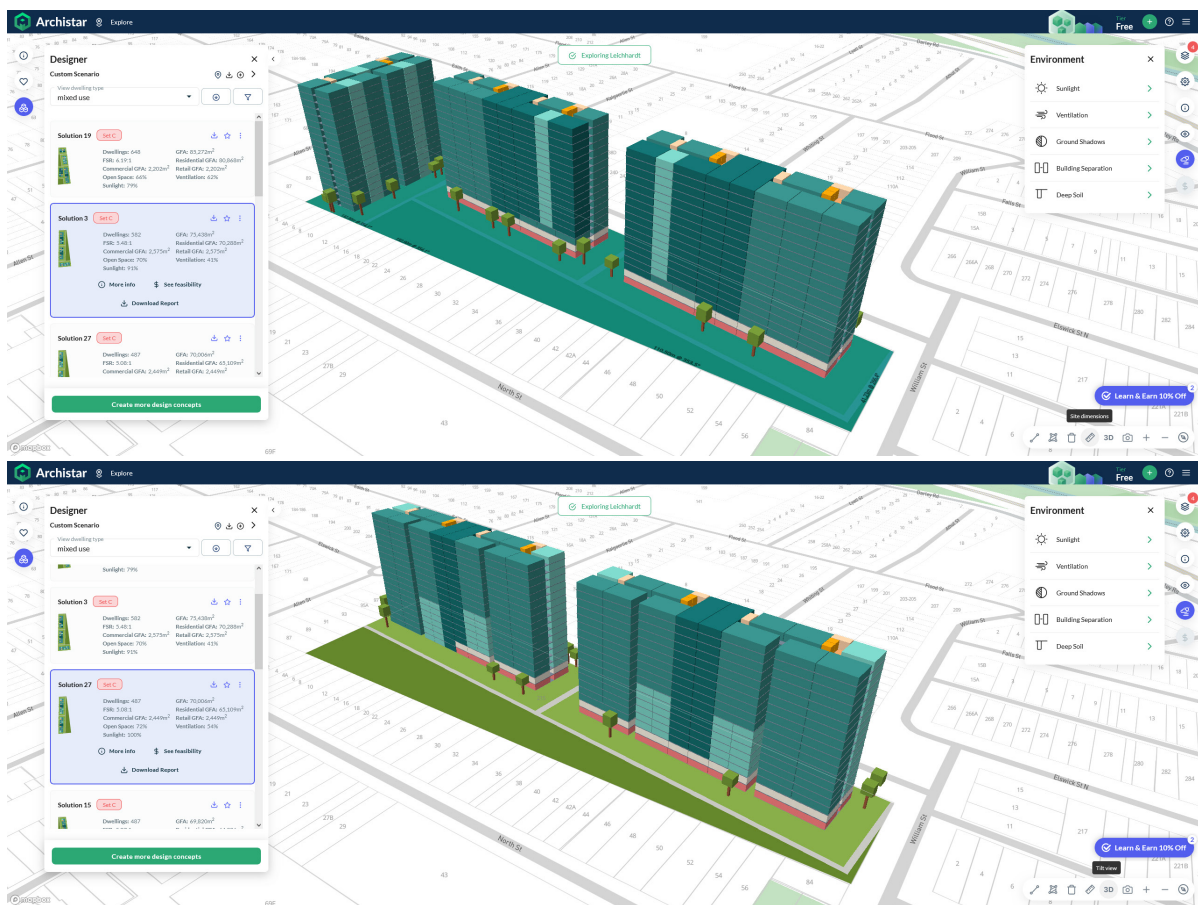




Рисунок 1. Варианты концептуального дизайна застройки, выполненных ИИ на платформе Archistar

Таким образом, сегодня системы искусственного интеллекта (ИИ) играют значительную роль в автоматизации архитектурного проектирования. ИИ-технологии позволяют архитекторам и проектировщикам решать сложные задачи, оптимизировать процессы и повышать эффективность работы. Вот несколько областей, где ИИ находит применение:

1. Генерация дизайн-вариантов: системы ИИ могут использоваться для генерации различных дизайн-вариантов на основе заданных критериев и требований. Это помогает архитекторам исследовать широкий спектр возможных решений и выбирать наиболее оптимальные.

2. Анализ данных и оптимизация: ИИ может использоваться для анализа больших объемов данных, таких, как геометрическая информация, климатические данные, сведения об использовании здания и др. С помощью алгоритмов машинного обучения и статистического анализа ИИ может выявлять оптимальные решения и предлагать улучшения для проекта.

3. Распознавание и классификация: системы ИИ могут быть обучены распознавать и классифицировать элементы в проекте, такие, как материалы, текстуры, элементы интерьера и экстерьера. Это упрощает процесс аннотирования и организации информации о здании.

4. Автоматизация чертежей и документации: ИИ-технологии могут использоваться для автоматизации создания чертежей и документации на основе трехмерных моделей. Это позволяет сократить время и усилия, затрачиваемые на рутинные задачи, и повысить точность и согласованность документации.

5. Предиктивный анализ и симуляции: системы ИИ могут проводить предиктивный анализ и симуляции для оценки производительности и поведения здания в различных условиях. Например, они могут предсказывать энергетическую эффективность, комфортность, освещение и другие параметры, что помогает архитекторам принимать информированные решения.

ИИ-технологии продолжают развиваться, и их вклад в автоматизацию архитектурного проектирования становится все более значимым, помогая сократить время, улучшить качество и оптимизировать процессы проектирования.

4. Оценка степени автоматизации архитектурно-строительного проектирования

Автоматизация архитектурного проектирования является важной составляющей развития современной архитектуры. На протяжении десятилетий процессы

проектирования прошли значительную эволюцию, от ручного черчения и вычислений до полностью компьютеризованных и интеллектуальных систем поддержки проектирования.

При рассмотрении исторических этапов автоматизации архитектурного проектирования можно выделить несколько ключевых периодов, где различные технологии и инструменты внесли существенный вклад в автоматизацию процесса проектирования. Важно отметить, что эти этапы не являются строго отделенными, а скорее представляют эволюцию автоматизации в различные временные периоды (Таблица 3). Каждый из этих этапов внес существенный вклад в автоматизацию архитектурного проектирования.

Таблица 3. Технологические этапы развития автоматизации в проектировании

Краткая характеристика и временной период	Достижения:	Примеры автоматизации
Этап компьютеризации и систем компьютерно-поддерживаемого проектирования (1960-1980-е годы)	Внедрение компьютеров в архитектурную практику и развитие систем компьютерно-поддерживаемого проектирования (САПР) изменили процессы проектирования, позволив сократить время, улучшить точность и облегчить рутинные вычисления.	Замена ручного черчения компьютерным проектированием, автоматизация расчетов и анализов, создание и редактирование чертежей и моделей.
Этап системы управления информацией о зданиях (BIM) (2000-е годы и далее)	Внедрение системы управления информацией о зданиях (BIM) стало прорывом в автоматизации архитектурного проектирования. BIM позволяет создавать цифровые модели зданий с подробной информацией о компонентах и свойствах, улучшает координацию и взаимодействие между различными дисциплинами.	Централизованное хранение и обмен информацией о зданиях, автоматизированное создание чертежей и документации, проведение коллизионных анализов, анализ энергетической эффективности, виртуальные прогулки по проекту.
Этап внедрения искусственного интеллекта (ИИ) (2022 г. и далее)	Внедрение искусственного интеллекта в архитектурное проектирование позволяет использовать алгоритмы машинного обучения и анализа данных для генерации дизайн-вариантов, анализа данных и оптимизации проектов.	Генерация дизайн-вариантов, анализ больших объемов данных, оптимизация параметров проекта, предиктивный анализ

Далее в Таблице 4 представлена оценка уровня автоматизации на каждом из рассмотренных исторических этапов для различных этапов проектирования.

Таблица 4. Оценка автоматизации в проектировании на разных стадиях проектирования в зависимости от технологического этапа

	Традиционное проектирование	CAD	BIM	ИИ
Предпроектный анализ	Level 1	Level 1	Level 2	Level 3
Концептуальное предложение	Level 1	Level 2	Level 2-3	Level 3
Эскизный проект	Level 1	Level 2	Level 2	Level 3
Рабочее проектирование	Level 1	Level 2	Level 3	Level 3

Каждый из рассмотренных этапов принес значительные изменения в процесс архитектурного проектирования, улучшая его эффективность, точность и возможности сотрудничества. На текущий момент мы находимся на среднем, 3-м уровне автоматизации, где компьютер уже значительно участвует в процессе проектирования, выполняя рутинные задачи и предоставляя архитектору более точные инструменты и данные для принятия решений. Однако даже на этом уровне пока существует много проблем с точностью, корректностью и универсальностью автоматизированных систем. Более высокая автоматизация пока остается вызовом и требует дальнейших научных и технологических прорывов.

4. Выводы

В результате анализа основных технологических и теоретических достижений в области автоматизации архитектурного проектирования можно заключить, что эти инновации существенно изменили и улучшили процессы проектирования. Компьютеризация, развитие систем автоматизированного проектирования (САПР) и строительной информационной моделирования (BIM) позволили архитекторам и дизайнерам более эффективно работать с данными, улучшать точность и скорость проектирования, а также обеспечивать более эффективное взаимодействие между различными участниками проекта. Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в автоматизацию архитектурного проектирования открывает новые возможности для генерации дизайнов, оптимизации проектов и принятия решений на основе анализа больших объемов данных.

Однако, несмотря на значительные достижения, мы все еще находимся на пути к полной автоматизации архитектурного проектирования. Будущее автоматизации связано с разработкой более продвинутых инструментов и алгоритмов ИИ, а также с интеграцией различных технологий для создания более интеллектуальных и устойчивых архитектурных решений. Использование автоматизации в архитектурном проектировании является неотъемлемой частью современной практики и будет продолжать эволюционировать, улучшая процессы и возможности для архитекторов и дизайнеров. Это предоставляет широкий спектр преимуществ от повышенной эффективности до более точных и инновационных архитектурных решений.

Список литературы

1. Б. Байер, У. Бирштайн и др. История человечества. – АСТ, 2002. – 640 с.
2. Sheridan, Thomas & Verplank, W. & Brooks, T. Human and Computer Control of Undersea Teleoperators.), table 8.2 – 1978 – стр. 168-172
3. Buede, D. M., & Miller, W. D. The Engineering Design of Systems: Models and Methods. – Wiley. – 2009 – С. 49-72
4. Douglas C. Engelbart, Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework, SRI Summary Report AFOSR-3223, Prepared for: Director of Information Sciences, Air Force Office of Scientific Research, Washington DC, Contract AF 49(638)-1024, SRI Project No. 3578 (AUGMENT,3906.). [Электронный ресурс] – URL: <https://www.doungelbart.org/content/view/138> (дата обращения: 15.06.2023)
5. Sutherland I., Sketchpad, a man-machine graphical communication system. – University of Cambridge Computer Laboratory. – 2003. – 149 с.
6. Christopher Alexander, Notes on the Synthesis of Form. – Harvard University Press. – 1964. – 216 с.
7. Christopher, Alexander, Murray Silverstein, Shlomo Angel, Sara Ishikawa, и Danny Abrams. The Oregon Experiment. – Oxford University Press. – 1975. – 202 с.
8. Раппапорт А. Г. К пониманию архитектурной формы: диссертация ... доктора искусствоведения: 18.00.01. – Москва, 2002. – 141 с.
9. Mitchell, William John. Computer Aided Architectural Design at UCLA. –University of California, Los Angeles, School of Architecture and Urban Planning. –1977. – 8 с.

10. Wayne Carlson (2003) A Critical History of Computer Graphics and Animation. – Ohio State University. – 2007. – 212 с.
11. Eastman, Charles, и др. «An Outline of the Building Description System. [Электронный ресурс] – 1974. – URL: <https://eric.ed.gov/?id=ED113833> (дата обращения: 15.06.2023).
12. Eastman, Charles M. «The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design». – AIA Journal. – 1975. – С. 178-201.
13. BCFA. BIM – (Building Information Model). [Электронный ресурс] – 2017. – https://www.thebcfa.com/BIM_Building_Information_Model (дата обращения: 15.06.2023)
14. Eastman, Charles M., Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, и Kathleen Liston. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. – John Wiley & Sons. – 2008. – 315 с.
15. «CAD - The Greatest Advance in Construction History». [Электронный ресурс] – 2012. – <https://www.architectsjournal.co.uk/cad-the-greatest-advance-in-construction-history/1996442.article> (дата обращения: 15.06.2023)
16. Alan Turing, «Computing Machinery and Intelligence Архивная копия от 28 марта 2013 на Wayback Machine». – Mind, vol. LIX, no. 236. – 1950. – с. 433–460.
17. McCulloch W.S., Pitts W., A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. – Bull. Math. Biophys. – 1943. – с. 115-133
18. Sterling, B. Web Semantics: Microsoft Project Turing introduces Turing Natural Language Generation (T-NLG)". – Wired. – 2020. – 619 с.
19. What Caused the AI Renaissance. – Psychology Today. [Электронный ресурс] – 2023. – URL: <https://www.psychologytoday.com/us/blog/the-future-brain/201901/what-caused-the-ai-renaissance> (дата обращения: 18.06.2023)

Генезис архитектуралық-құрылыстыру проектированияны автоматизациялау туралы

В.В. Яскевич

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

Аңдатпа. Мақала ХХ-ХХІ ғасырлардың технологиялық дамуы контекстінде архитектуралық-құрылыстыру жобалауында автоматизацияны дамыту туралы. Зерттеу саласы отандық және шетелдік публикацияларды жеткізу арқылы оны өзекті жылдамдықтарын дамыту бойынша зерттелген. Техникалық құралдар және программалық жасалулар қызметінен келесі көптеген ғылыми және технологиялық табыс әліппесінен мәнден маңыздылар таңдалды. Талдау арқылы автоматизацияның 4 дәрежелерін (салтанатты (қолмен), CAD, BIM, AI) табу мүмкіндігі белгілінді. Мәндерді бағалау үшін архитектуралық жұмыстарды білікті түрде есептеу әдістерін пайдалану қарағанда, автоматизация деңгейі белгіленеді. Архитектуралық жұмыстар бағалау әдістерінде архитектуралық қызметтік жасалу үрдістерін ескерту арқылы сондай-ақ қолдау көрсетілді. Проектированиеның 4-ші индустриялық инклюзия технологияларын (AI, виртуалды реалдықтық, 3D баспа және т.б.) қолдануға арналған соңғы заңды жетістіктері есептелген. Архитектуралық технологиялардың жоғарылауы мен жаңаларының пайда болуымен байланысты архитектуралық перспективалар қарастырылады.

Түйін сөздер: автоматизация, архитектура, жобалау, технологиялар, бағалау, эволюция.

Genesis of Automation in Architectural and Construction Design

V. Yaskевич

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

Abstract. This article explores the development of automation in architectural and construction design within the context of technological progress in the 20th and 21st centuries. Through a comprehensive study of domestic and international publications on the selected topic, significant scientific and technological

advancements that have influenced the automation of modern design processes are examined. The analysis identifies four stages of design development in terms of automation: traditional (manual), Computer-Aided Design (CAD), Building Information Modeling (BIM), and Artificial Intelligence (AI). An attempt is made to assess the level of automation at each stage, utilizing established evaluation methodologies that consider the specific characteristics of architectural practice. The study also takes into account the latest achievements in utilizing Fourth Industrial Revolution technologies, such as artificial intelligence, virtual reality, 3D printing, and others, for architectural design. The conclusion discusses potential prospects for architecture in relation to the application of existing and emerging technologies.

Keywords: automation, architecture, design, technologies, evaluation, evolution.

References

1. B. Bayer, U. Birshhtayn i dr. *Istoriya chelovechestva*. – AST, 2002. – 640 p.
2. Sheridan, Thomas & Verplank, W. & Brooks, T. *Human and Computer Control of Undersea Teleoperators.*, table 8.2 – 1978 – pp. 168-172
3. Buede, D. M., & Miller, W. D. *The Engineering Design of Systems: Models and Methods*. – Wiley. – 2009 – pp. 49-72
4. Douglas C. Engelbart, *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework*, SRI Summary Report AFOSR-3223, Prepared for: Director of Information Sciences, Air Force Office of Scientific Research, Washington DC, Contract AF 49(638)-1024, SRI Project No. 3578 (AUGMENT,3906,). – URL: <https://www.doungengelbart.org/content/view/138> (Accessed: 15.06.2023)
5. Sutherland I., *Sketchpad, a man-machine graphical communication system*. – University of Cambridge Computer Laboratory. – 2003. – 149 p.
6. Christopher Alexander, *Notes on the Synthesis of Form*. – Harvard University Press. – 1964. – 216 p.
7. Christopher, Alexander, Murray Silverstein, Shlomo Angel, Sara Ishikawa, и Danny Abrams. *The Oregon Experiment*. – Oxford University Press. – 1975. – 202 p.
8. Rappaport A. G. *K ponimaniyu arkhitekturnoy formy: dissertatsiya doktora iskusstvovedeniya: 18.00.01*. – Moskva, 2002. – 141 p.
9. Mitchell, William John. *Computer Aided Architectural Design at UCLA*. –University of California, Los Angeles, School of Architecture and Urban Planning. –1977. – 8 p.
10. Wayne Carlson (2003) *A Critical History of Computer Graphics and Animation*. – Ohio State University. – 2007. – 212 p.
11. Eastman, Charles, i dr. «An Outline of the Building Description System. – 1974. – URL: <https://eric.ed.gov/?id=ED113833> (Accessed: 15.06.2023)
12. Eastman, Charles M. «The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design». – AIA Journal. – 1975. – pp. 178-201
13. BCFA. BIM – (Building Information Model). – 2017. – https://www.thebcfa.com/BIM_Building_Information_Model (Accessed: 15.06.2023)
14. Eastman, Charles M., Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, и Kathleen Liston. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. – John Wiley & Sons. – 2008. – 315 p.
15. «CAD - The Greatest Advance in Construction History». – 2012. – <https://www.architectsjournal.co.uk/cad-the-greatest-advance-in-construction-history/1996442.article> (Accessed: 15.06.2023)
16. Alan Turing, «Computing Machinery and Intelligence Archivnaya kopiya 28 March 2013 Wayback Machine». – Mind, vol. LIX, no. 236. – 1950. – pp. 433–460.
17. McCulloch W.S., Pitts W., *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*. – Bull. Math. Biophys. – 1943. – pp. 115-133
18. Sterling, B. *Web Semantics: Microsoft Project Turing introduces Turing Natural Language Generation (T-NLG)*" . – Wired. – 2020. – 619 p.
19. *What Caused the AI Renaissance*. – Psychology Today. – 2023. – URL: <https://www.psychologytoday.com/us/blog/the-future-brain/201901/what-caused-the-ai-renaissance> (Accessed: 18.06.2023)

Сведения об авторе:

В.В. Яскевич – магистр архитектуры, старший преподаватель, Satbayev University, ул. Сатпаева, 22, Алматы, Казахстан.

В.В. Яскеевич – сәулет магистрі, аға оқытушы, Сәтбаев Университеті, Сәтпаев көш., 22, Алматы, Қазақстан.

V. Yaskевич – Master of Architecture, Senior Lecturer, Satbayev University, 22 Satbayev st., Almaty, Kazakhstan.

К вопросу определения уровня влагосодержания в трансформаторном масле

Аннотация. Автором в данной статье рассматривается вопрос регенерации трансформаторного масла в лабораторных условиях с применением ротационного испарителя. Цель исследования состоит в повышении электроизоляционных свойств методом удаления излишнего количества влаги из состава масла. Ротационный испаритель, работая при пониженном давлении, нагревая масло, удаляет содержащуюся в виде осадка или эмульсии влагу, тем самым повышая электроизоляционные свойства масла и снижая его окислительные свойства. Испытание носит лабораторный характер и имеет вес испытуемого образца 1 килограмм. В процессе испытаний был использован ротационный испаритель Heidolph серии Hei-VAP Precision 2018 года выпуска (Германия). Испытание образца проводилось на базе дорожной лаборатории научно-производственного центра «ENU-Lab», созданной в рамках государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан. Были получены основные результаты, а именно: количество выделенной влаги (W) в процентах за счет разницы массы до и после испытания образца. Полученные результаты были сопоставлены с требованиями действующей на территории Республики Казахстан нормативно-технической документации. Сравнительные данные позволяют сделать выводы о необходимости снижения влагосодержания из состава поставляемого на рынок трансформаторного масла, путем применения ротационного испарителя в виде основного инструмента для достижения этой цели. Результаты могут быть использованы в практических целях с созданием установок промышленного масштаба. Также с помощью полученных результатов есть возможность обозначить необходимость внедрения данной технологии, в виде дополнительной, на ныне существующих заводах по производству трансформаторного масла.

Ключевые слова: растворитель, электрическая прочность, ротационный испаритель.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-74-79

Введение

Функционирование энергетических установок в процессе производства, передачи и распределения электрической энергии относится к процессам высокой ответственности. Такие установки должны обеспечивать высокую надежность, безаварийность, энергоэффективность и безопасность работы [4]. Однако обеспечение вышеперечисленных требований, в первую очередь, зависит от уровня квалифицированности обслуживающего электрооборудования персонала и от качества расходных и комплектующих материалов, используемых в работе.

Силовые трансформаторы, являясь ключевым объектом электрических станций и подстанций, выполняют функции преобразования одной величины переменного напряжения в другую. Таким образом, показателем высокой надежности распределительных сетей принято считать бесперебойную работу силовых трансформаторов, а именно

техническую исправность и качественное обслуживание. В связи со сложностью конструктивного исполнения силовых трансформаторов оборудование имеет различные механизмы и устройства, которые подлежат замене и ремонту. Иными словами, данную категорию можно охарактеризовать как запасные и комплектующие части (ЗИП). К другой категории, к категории расходных материалов, стоит отнести масло и другие жидкости, предназначенные для обслуживания трансформатора. Изучим подробнее вопрос влияния состава трансформаторного масла на работу трансформатора.

Трансформаторное масло предназначено для изоляции токоведущих частей и узлов силового трансформатора, а также для защиты изоляции обмоток от влагонасыщения. Состав и назначение масла позволяют выполнять функции среды для гашения электрической дуги. С течением времени состав трансформаторного масла в процессе эксплуатации меняется, подвергаясь термохимическому и электрическому старению, и повышается процент влагосодержания за счёт ее выделения из бумажной изоляции и воздействия условий окружающей среды (температура, солнечные лучи, воздух и др.) [3].

В связи с этим представляется актуальным вопрос регенерации трансформаторного масла.

Методы

Повышение электроизоляционных свойств трансформаторного масла в лабораторных условиях путем удаления влаги из его состава с помощью ротационного испарителя.

Принцип работы роторных испарителей основан на зависимости скорости испарения жидкости от температуры, давления и площади поверхности испарения (так называемое «зеркало»). Как правило, скорость испарения почти прямо пропорциональна поверхности испарения. Более тонкие слои жидкости испаряются заметно быстрее, чем более толстые. С увеличением разрежения температура кипения жидкости понижается, и для жидкостей, имеющих сравнительно невысокую температуру кипения, можно добиться таких условий, что жидкость будет кипеть даже при комнатной температуре. Сущность пленочного испарения заключается в том, что на стенке сосуда-испарителя образуют тем или иным способом тонкую пленку раствора, а это увеличивает поверхность испарения. Пленочное испарение можно проводить в сочетании с созданием вакуума при низкой температуре.

В процессе испытаний был использован ротационный испаритель Heidolph серии Hei-VAP Precision 2018 года выпуска (Германия).

В зависимости от конфигурации роторного испарителя возможно различное применение: дистилляция, сушка, концентрация, кипячение с обратным холодильником, рециркуляция растворителя, экстракция по методу Сокслета, перекристаллизация.

Обсуждение

Показатель растворимости воды в трансформаторном масле очень низкий. С точки зрения молекулярной теории незначительная растворимость воды в нефтяных продуктах объясняется громадным различием в размерах молекул углеводородов, из которых состоит масло, и молекул воды. Суммарное поле межмолекулярных сил, создаваемое при взаимодействии этих двух типов молекул, препятствует смешению обеих жидкостей. Концентрация воды в трансформаторных маслах, как и в других углеводородных жидкостях, при данной температуре в равновесном состоянии пропорциональна относительной влажности воздуха [5].

На практике встречается множество различных способов регенерации трансформаторного масла, в том числе и наличие установок промышленного масштаба по полной очистке трансформаторного масла на работающем и выведенном из строя трансформаторе. Однако такие установки характерны направленным воздействием на некоторые способы очистки, а именно: на очистку масла способом фильтрования и абсорбционной обработки [1]. В результате такой регенерации трансформаторное масло уже не обладает заводскими свойствами и имеет процент влагосодержания значительно

выше нормируемых значений [2]. Существующее понятие «сушка масла» подразумевает процесс распыления нагретого масла в вакууме и несколько схоже с процессом влагоудаления с помощью ротационного испарителя.

В лабораторных условиях испытательной лаборатории научно-производственного центра «ENU-Lab» было проведено испытание неотработанного трансформаторного масла объемом 1 килограмм путем помещения образца в ротационный испаритель и нагрева выше 34°C - температура кипения воды при пониженном давлении - 40 миллиметров ртутного столба (справочные данные), с выдержкой времени более 1 часа [5].

Используемое оборудование: ротационный испаритель Heidolph серии Hei-VAP Precision – 1 единица, весы аналитические АУ-120 – 1 единица, испарительная колба – 1 единица, мерный стакан – 2 единицы.

Рисунок 1 демонстрирует растворимость воды в трансформаторных маслах при различных значениях относительной влажности воздуха.

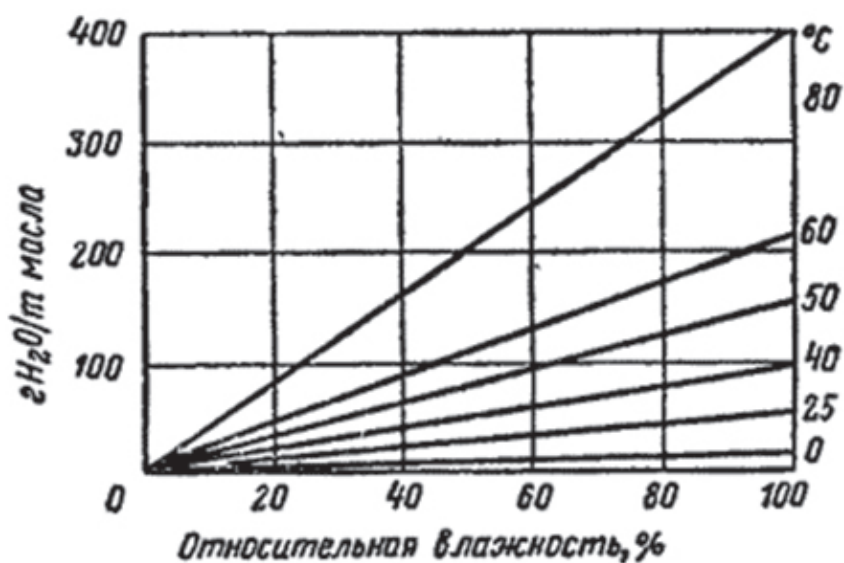


Рисунок 1. Растворимость воды в трансформаторных маслах при различных значениях относительной влажности воздуха

Практическая ценность и значимость повышения электроизоляционных свойств трансформаторного масла очень высока, однако выбранная методика не позволяет осуществить регенерацию промышленных объемов масла.

Стоит отметить, что показатель влажности для каждого типа высоковольтного оборудования имеет разные значения, что характеризует специфику их работы. В нашем случае проводить анализ для каждой единицы оборудования не является приоритетной задачей. Нам необходимо максимально произвести снижение уровня влаги в трансформаторном масле, путем нагрева самого масла. И в тех случаях, когда уровень будет достигать минимального значения, высоковольтное оборудование будет качественнее функционировать.

Результаты

Проведенный в лабораторных условиях эксперимент выявил снижение массы 1 килограмма трансформаторного масла до 971 грамма, что позволяет рассчитать потерю влаги в процентах $W=2,9\%$. Созданные температурные условия не дают возможности испарения сложных химических соединений, так как их температура испарения гораздо выше температуры испарения 34°C (при низком давлении для воды).

Таким образом, на каждый килограмм трансформаторного масла, производимого или же ввозимого на территорию Республики Казахстан, показатель влагосодержания в среднем достигает 2,9% или же 29 граммов. Полученные результаты позволяют произвести расчёт для силового трансформатора ТДН-16000/110/10, где полный вес заливаемого трансформаторного масла составляет 8150 килограммов. В этом случае при использовании рассматриваемой методики с использованием ротационного испарителя масло весом 8150 килограммов уменьшится до ≈ 7913 килограммов. Разница составляет ≈ 237 килограммов. Таким образом, ≈ 237 килограммов влагосодержащего растворителя, которые можно выделить из общего объема используемого трансформаторного масла, в отрицательной степени оказывают негативное воздействие на работу силового трансформатора, снижая его электроизоляционные и повышая окислительные свойства.

Рисунок 2 демонстрирует процесс удаления влаги с помощью ротационного испарителя в 1 килограмме трансформаторного масла.

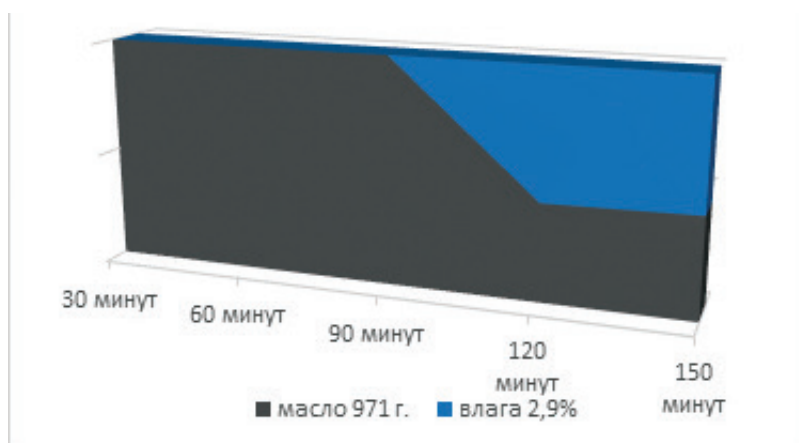


Рисунок 2. Процесс удаления влаги с помощью ротационного испарителя в 1 килограмме трансформаторного масла

В процессе эксплуатации силового трансформатора значение влагосодержания трансформаторного масла будет расти. Причиной этому послужит стареющая бумажная изоляция токоведущих частей силового трансформатора, термохимическое и электрическое старение самого трансформаторного масла.

Нормативно-правовая документация не содержит прописанного значения влагосодержания в трансформаторном масле, лишь регламентирует необходимость снижения и ее отрицательное воздействие. Поэтому ответственность за поставляемую продукцию и качество трансформаторного масла возлагается на заводы-изготовители данной продукции. Однако проведенное испытание показывает, что качество используемого трансформаторного масла оставляет желать лучшего и нуждается в ее повышении.

Выводы

Проведенное испытание носит научно-исследовательский характер, так как объемы и вес испытываемого образца несопоставимы с объемами масла, заливаемого в силовой трансформатор, который достигает десятков тонн. Предложенная методика регенерации трансформаторного масла может послужить развивающей силой для создания установок промышленных масштабов, где цикл производства трансформаторных масел должен завершаться его дополнительной сушкой с целью удаления влаги.

Такие установки найдут свое применение в цехах производства как завершающая или дополнительная ступень обработки производимого трансформаторного масла, снижающая уровень влагосодержания в продукции.

Список литературы

1. Васильева В.Я., Дробиков Г.А., Лагутин В.А. Эксплуатация электрооборудования электрических станций и подстанций / ВНИИР. – 2000. – с. 93.
2. Лизунова С.Д., Лоханина А.К. Силовые трансформаторы, Справочная книга / ВНИИР. – 2004. – с. 147.
3. Method of fuels and lubricants performance properties requirements management // The 25th State Research Institute of Himmotology, Ministry of Defense of the Russian Federation. - №173 – P. 216.
4. M. Unge, S. Singha, S. Ingebrigtsen, D. Linhjell, and L. E. Lundgaard, «Influence of molecular additives on positive streamerpropagation in ester liquids» in 2014 IEEE 18th Int. Conf. on Dielectric Liquids (ICDL), Jun. 2014, pp. 1–4. doi: 10.1109/ICDL.2014.6893129.
5. V. Czitrom, “One-Factor-at-a-Time versus Designed Experiments,” The American Statistician, vol. 53, no. 2, pp. 126–131, 1999, doi: 10.2307/2685731.
6. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724 «Об утверждении Концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года».
7. РД 34.43.107-95 - Методические указания по определению содержания воды и воздуха в трансформаторном масле.

Трансформатор майын зертханалық жағдайда регенерациялау

Р.В. Рахимов

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

Аңдатпа. Бұл мақалада автор айналмалы буландырғышты қолдана отырып, зертханалық жағдайда трансформатор майын қалпына келтіру мәселесін қарастырады. Зерттеудің мақсаты – майды құрамынан артық ылғалды кетіру арқылы электрлік оқшаулау қасиеттерін арттыру. Айналмалы буландырғыш төмен қысымда жұмыс істейді, майды қыздырады, тұнба немесе эмульсия түріндегі ылғалды кетіреді, осылайша майдың электрлік оқшаулау қасиеттерін арттырады және оның тотығу қасиеттерін төмендетеді. Сынақ зертханалық сипатта болады және сыналатын үлгінің салмағы 1 килограмм болады. Сынақ барысында 2018 жылы шығарылған Hei-VAP Precision (Германия) сериялы HEIDOLPH айналмалы буландырғышы қолданылды. Үлгіні сынау Қазақстан Республикасының индустриалды-инновациялық даму мемлекеттік бағдарламасының шеңберінде құрылған «ENU-Lab» ғылыми-өндірістік орталығының жол зертханасының базасында жүргізілді. Негізгі нәтижелер алынды, атап айтқанда: шығарылған ылғалдың мөлшері (W) пайызбен, үлгінің сынағына дейін және одан кейінгі масса айырмашылығына байланысты. Алынған нәтижелер Қазақстан Республикасының аумағындағы қолданыстағы нормативтік-техникалық құжаттаманың талаптарымен салыстырылды. Салыстырмалы деректер осы мақсатқа жету үшін негізгі құрал ретінде айналмалы буландырғышты қолдану арқылы нарыққа жеткізілетін трансформатор майының құрамынан ылғал құрамын азайту қажеттілігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Нәтижелер өнеркәсіптік масштабтағы қондырғыларды құру арқылы практикалық мақсаттарда қолданыла алады. Сондай-ақ, алынған нәтижелердің көмегімен трансформатор майын шығаратын зауыттарда осы технологияны қосымша түрінде енгізу қажеттілігін белгілеуге болады.

Түйін сөздер: еріткіш, диэлектрлік беріктік, айналмалы буландырғыш.

Regeneration of transformer oil under laboratory conditions

R. Rakhimov

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

Abstract. The author of the article considers the issue of transformer oil regeneration under laboratory conditions using a rotary evaporator. The purpose of the study is to improve the electrical insulation properties by removing excess moisture from the oil composition. The rotary evaporator, working at

reduced pressure, heats the oil, removes the moisture contained in the form of sediment or emulsion, thereby increasing the electrical insulation properties of the oil and reducing its oxidizing properties. The test is of a laboratory nature and has a test sample weight of 1 kilogram. During the testing process, a Heidolph rotary evaporator of the Hei-VAP Precision series, manufactured in 2018 (Germany), was used. The test of the sample was carried out on the basis of the road laboratory of the research and production center "ENU-Lab", created in the framework of the state program of industrial and innovative development of the Republic of Kazakhstan. The main results were obtained, namely: the amount of moisture released (W) as a percentage, due to the difference in mass before and after the test of the sample. The results obtained were compared with the requirements of the current regulatory and technical documentation on the territory of the Republic of Kazakhstan. Comparative data allow us to draw conclusions about the need to reduce the moisture content of the transformer oil supplied to the market, by using a rotary evaporator as the main tool to achieve this goal. The results can be used for practical purposes with the creation of industrial-scale installations. Also, with the help of the obtained results, it is possible to indicate the need for the introduction of this technology, in the form of an additional one, at the existing plants for the production of transformer oil.

Keywords: solvent, dielectric strength, rotary evaporator.

References

1. Vasilyeva V.Ya. Drobikov G.A. Lagutin V.A. Operation of electrical equipment of power stations and substations / VNIIR. – 2000. – p. 93.
2. Lizunova S. D., Lokhanina A. K. Power transformers, Reference book / VNIIR. - 2004. - p. 147.
3. Method of fuels and lubricants performance properties requirements management // The 25th State Research Institute of Himmotology, Ministry of Defense of the Russian Federation. - №173 – P. 216.
4. M. Unge, S. Singha, S. Ingebrigtsen, D. Linhjell, and L. E. Lundgaard, «Influence of molecular additives on positive streamerpropagation in ester liquids» in 2014 IEEE 18th Int.Conf.on Dielectric Liquids (ICDL), Jun. 2014, pp. 1–4. doi: 10.1109/ICDL.2014.6893129.
5. V. Czitrom, "One-Factor-at-a-Time versus Designed Experiments," The American Statistician, vol. 53, no. 2, pp. 126–131, 1999, doi: 10.2307/2685731.
6. Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated June 28, 2014 No. 724 "On approval of the Concept of development of the fuel and energy complex of the Republic of Kazakhstan until 2030".
7. RD 34.43.107-95-Guidelines for determining the water and air content in transformer oil.

Сведения об авторе:

Р.В. Рахимов – докторант, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, ул. Пушкина, 11, Астана, Казахстан.

Р.В. Рахимов – докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Пушкин көш., 11, Астана, Қазақстан.

R. Rakhimov – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 11 Pushkin St., Astana, Kazakhstan.

А.В. Ежкова

Газпром инвест Томск, Томск, Россия
E-mail: alyona7@inbox.ru

Напряженно-деформированное состояние системы «магистральный трубопровод – грунт» на закарстованных участках (на примере участка магистрального газопровода «Сила Сибири», «Чаянда - Ленск»)

Аннотация. В настоящее время к современным газотранспортным системам предъявляются все более высокие требования с точки зрения надежности, долговечности, промышленной и экологической безопасности. Трассы газопроводов размещены в малоосвоенных регионах, где отсутствуют многолетние наблюдения за опасными природными процессами. В настоящее время карст является наиболее скрыто протекающим и трудно прогнозируемым опасным инженерно-геологическим процессом. При проявлении карстового процесса по трассе трубопровода возможно воздействие дополнительной нагрузки. В связи с этим анализ напряженно-деформированного состояния системы «магистральный газопровод – грунт» является важнейшей задачей для определения количественных характеристик напряжений, способных вызвать развитие аварийной ситуации. В статье рассматривается участок, построенного в настоящее время, магистрального газопровода «Сила Сибири», «Чаянда - Ленск». В пределах рассматриваемой территории широко распространены карбонатные формации кембрийского возраста, имеются проявления поверхностных и подземных форм карста. В связи с этим возможна активизация процесса на этапе эксплуатации, в то время как при проектировании данные инженерно-геологические особенности могли не вызывать опасений. В данной работе проведен анализ напряженно-деформированного состояния при совместном деформировании трубопровода и грунта под воздействием возможной нагрузки – карстового провала. Даны предложения по использованию полученных результатов на этапе эксплуатации.

Ключевые слова: магистральные газопроводы, карстоопасность, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов, непроектная нагрузка.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-80-88

1. Введение

Проблема повышения надежности и безопасности трубопроводного транспорта является одной из ключевых в газовой промышленности. Важным ее аспектом является эксплуатация газопроводов в сложных инженерно-геологических условиях, в частности, размещение газопроводов на закарстованных территориях. Немаловажен тот факт, что проектирование, строительство и эксплуатация трубопроводных систем ведется в малоосвоенных регионах, вне застроенных территорий, где регулярные наблюдения за опасными природными процессами охватывают непродолжительный период или вовсе отсутствуют, таким образом, расчеты параметров сооружений могут быть выполнены, исходя из необъективных данных [1].

Дополнительная нагрузка, возникающая при раскрытии карстовой воронки, является особой, т.е. такие условия эксплуатации трубопровода считаются нестандартными. На текущий момент проблема расчета трубопроводов на прочность и устойчивость в нестандартных условиях работы достаточно хорошо освещена. В то же время количество публикаций, посвященных взаимодействию магистральных трубопроводов с «карстопроявлениями», достаточно ограничено. Так, Готман Н.З. [2] описывает результаты экспериментальных исследований поведения свайных фундаментов опор трубопроводов, проложенных на закарстованных территориях. П. П. Бородавкин описаны основные схемы воздействия грунтов на заглубленные сооружения, механизмы давления грунта на трубопровод при различных условиях, схемы потери устойчивости при перемещениях и пр. [3].

Наибольший вклад в разрешение проблемы расчета трубопроводов на прочность и устойчивость в сложных инженерно-геологических условиях внесен А. М. Шаммазовым, В.А. Чичеловым, Р.М. Зариповым, Г.Е. Коробковым. Ими разработаны основные алгоритмы анализа напряженно-деформированного состояния (далее – НДС) трубопроводных систем, расположенных на закарстованных территориях. Данные исследователи отмечают, что при эксплуатации трубопровода, проложенного по закарстованной территории, должна быть проведена расширенная процедура анализа нагрузок и воздействий на трубопровод. Магистральный газопровод в карстовой зоне деформируется совместно с грунтом под действием собственного веса и веса грунта, находящегося на трубе, а также под воздействием температурного перепада и давления газа [4-8].

При проведении прочностного расчета трубопровода с учетом действительных условий его работы во многих случаях нельзя применять линейную теорию строительной механики. Так основные принципы линейной теории строительной механики включают линейную зависимость между напряжениями и деформациями материала трубы (закон Гука), а также между сопротивлением и перемещением связей, расчет по заданному недеформированному состоянию, то есть отождествляются форма и размеры конструкций до и после деформации (принцип малых перемещений), а также неизменность расчетной схемы. По мнению А.Б. Айнбиндера, при расчете трубопровода на прочность необходимо учитывать три вида нелинейностей: физическую, геометрическую и конструктивную [9]. Использование нелинейной зависимости между напряжениями и деформациями материала и между сопротивлением и перемещением связей составляет сущность так называемой физической нелинейности. Использование деформированной расчетной схемы и нелинейных соотношений между деформациями и перемещениями составляет сущность так называемой геометрической нелинейности. В процессе нагружения трубопровода при его перемещениях ряд связей выключаются из работы, могут создаваться новые связи, изменяться величины и направления нагрузок, что определяет так называемую конструктивную нелинейность [9]. Возникновение карстового провала в процессе эксплуатации можно отнести к конструктивной нелинейности.

Учитывая вышеизложенное, а также возможность проявлений негативного воздействия карстового процесса на магистральный газопровод в процессе эксплуатации необходимо проанализировать параметры предполагаемого воздействия. В качестве объекта исследования в работе будет рассмотрен участок магистрального газопровода «Сила Сибири», «Чаянда - Ленск», расположенного в Ленском районе Республики Саха (Якутия), протяженностью 160 км. В пределах полосы отвода магистрального газопровода широко распространены карстующиеся коренные породы преимущественно кембрия и ордовика, представленные известняком и доломитом. Имеются поверхностные и подземные формы карста. В период строительства и эксплуатации в связи с появлением техногенной нагрузки возможна активизация карстовых процессов. Основными причинами, которые могут вызвать изменение инженерно-геологических условий, являются: изменение теплового режима горных пород, воздействие температуры транспортируемого продукта, вырубка растительности под полосу отвода газопровода, ведение земляных работ.

Таким образом, целью данной работы является количественный анализ напряженно-деформированного состояния магистрального трубопровода, деформирующегося под воздействием непроектной нагрузки – карстового провала.

2. Методы

Для решения задачи определения количественных характеристик воздействия на этапе эксплуатации могут использоваться численные методы. В настоящее время наиболее эффективными для анализа НДС подземных трубопроводов являются численные методы и наиболее универсальный метод конечных элементов. Общие методические подходы по численному моделированию напряженно-деформированного состояния подземных трубопроводов были разработаны и обоснованы В.В. Алешиным, В.Е. Селезневым, основные положения которых включают следующее:

- численный анализ сложного НДС трубопроводов проводится с минимальными упрощениями их конструкции при моделировании;
- при моделировании учитываются все действующие на трубопроводные конструкции номинальные и аварийные нагрузки и имеющиеся данные технической диагностики;
- численный анализ НДС промышленных трубопроводных систем проводится методом конечных элементов (далее – МКЭ) поэтапно, с последовательным использованием балочных, оболочечных и объемных конечно-элементных моделей трубопроводов, с учетом результатов предыдущего этапа для формирования граничных условий на следующем;
- на различных этапах численного анализа используются два способа моделирования взаимодействия подземного трубопровода с окружающим грунтом: полуэмпирические зависимости сопротивления грунта продольным и поперечным смещениям трубопровода (на первом этапе) и моделирование окружающего подземный участок трубопровода грунта как трехмерной сплошной среды (на последующих этапах) [10].

Данные подходы нашли широкое применение в практике трубопроводного транспорта при помощи программного комплекса ANSYS и могут быть использованы для моделирования взаимодействия трубопровода с предполагаемым карстовым провалом расчетного диаметра.

На предварительном этапе работы по трассе газопровода были выделены участки с возможной активизацией процесса на этапе эксплуатации, определены возможные диаметры карстовых провалов расчетным методом Г.М. Троицкого для 23 участков. Полученные результаты варьировались от 0,13 до 1,66 м.

Последовательность анализа НДС участка трубопровода подземной прокладки включает в себя два подэтапа. На первом этапе численного моделирования рассматривается протяженный участок трубопроводной конструкции длиной несколько сотен метров. Трубопровод моделируется балочными конечными элементами типа «PIPE». Окружающий трубопровод грунт моделируется нелинейными пружинами типа «COMBINE39». Силовые характеристики пружин рассчитываются по инженерным методикам с использованием полуэмпирических зависимостей сопротивления грунта продольным и поперечным смещениям трубы. Воздействие провала моделируется изменением силовой характеристики соответствующей пружины [10]. По результатам первого этапа можно выделить наиболее напряженные участки конструкции и получить граничные условия на концах исследуемого участка.

На следующем этапе моделирования наиболее нагруженный участок (определенный по результатам первого этапа) моделируется оболочечными конечными элементами типа «SHELL». Как правило, длина такого участка не превышает 40-60 м. Окружающий трубопровод грунт рассматривается как трехмерная упруго-идеальнопластическая сплошная среда и моделируется объемными конечными элементами типа «SOLID». Карстовый провал моделируется непосредственно в геометрической модели с

характеристиками, полученными на этапе определения предполагаемых деформаций. По результатам расчета на данном этапе должна быть получена исчерпывающая информация об изменении НДС трубопровода под воздействием непроектной нагрузки – карстового провала.

3. Результаты и обсуждение

Таким образом, смоделируем и проанализируем напряженно-деформированное состояние трубопровода на участке с наибольшим расчетным значением диаметра провала 1,66 м.

На первом этапе трубопровод моделировался в балочном приближении, к расчету принимался протяженный участок 252, 5 м. В качестве нагрузок, воздействующих на модель трубопровода, принимались следующие: внутреннее избыточное давление ($P=9,8$ МПа), температурный перепад ($T=22$ °С), вес трубопровода и грунта обратной засыпки, нелинейное сопротивление окружающего грунта смещению трубопровода, ненормативная нагрузка – карстовый провал.

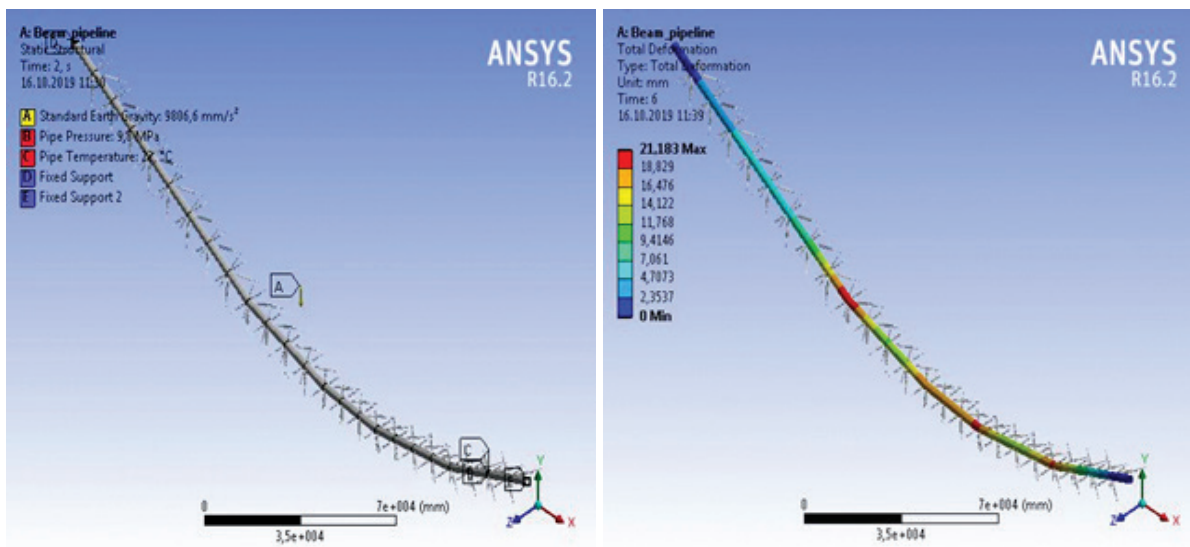
В связи с тем, что необходимо учитывать смещение трубопровода по трем взаимно перпендикулярным направлениям, при моделировании трубопровода в балочном приближении сопротивление прилегающего грунта моделируется нелинейными пружинами, свойства которых задавались в зависимости от свойств грунта (сопротивление грунта продольному смещению трубопровода, сопротивление грунта поперечному перемещению трубопровода в грунте (в вертикальной и горизонтальной плоскости)).

Необходимые исходные данные для моделирования непосредственно трубопровода представлены в таблице 1.

Таблица 1. Исходные данные для модели трубопровода [70]

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1	Габаритные размеры, $D_n \times \delta$, мм	1420 x 25,8
2	Модуль упругости, E , МПа	$2 \cdot 10^5$
3	Плотность, ρ , кг/м ³	7850
4	Коэффициент Пуассона	0,3
5	Временное сопротивление разрыву, $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ²	590
6	Предел текучести, $\sigma_{\text{т}}$, Н/мм ²	480

Участок трубопровода задавался непосредственно в координатах, учитывающих его пространственное положение в соответствии с проектными решениями. По результатам анализа на первом этапе были определены наиболее напряженные сечения рассматриваемого трубопровода и получены граничные условия (перемещения) для учета в дальнейшем анализе (Рисунок 1).



а) Общий вид балочной модели трубопровода с заданными нагрузками б) Общий вид перемещений узловых элементов модели под воздействием прилагаемых нагрузок.

Рисунок 1. Балочная модель трубопровода

На втором этапе трубопровод моделировался в оболочечном приближении конечными элементами типа «SHELL». Геометрические размеры моделей, свойства и используемые в них типы грунтов задавались мощностям грунтовых массивов в границах рассматриваемого участка. Для задания свойств грунта использовалась модель Друкера-Прагера. Параметры моделей варьировались следующим образом (таблица 2).

Таблица 2. Исходные данные для создания модели грунтов в ANSYS

Параметр	Диапазон значений
Сцепление, C , кПа	$2 \div 136,3$
Угол внутреннего трения, φ , град	$22 \div 38$
Дилатансия, град	0
Модуль упругости, МПа	$20 \div 1000$
Коэффициент Пуассона	$0,2 \div 0,35$
Плотность, кг/м^3	$1800 \div 2510$
Мощность, h , м	$0,4 \div 4,2$

Карстовый провал моделировался непосредственно в соответствии с ранее выполненными расчетами. Нижние и боковые образующие модели расположены на расстоянии 5 диаметров от оси трубопровода с целью исключения влияния граничных условий. При расчете учитывались локальные перемещения, полученные на предыдущем этапе (Рисунок 2).

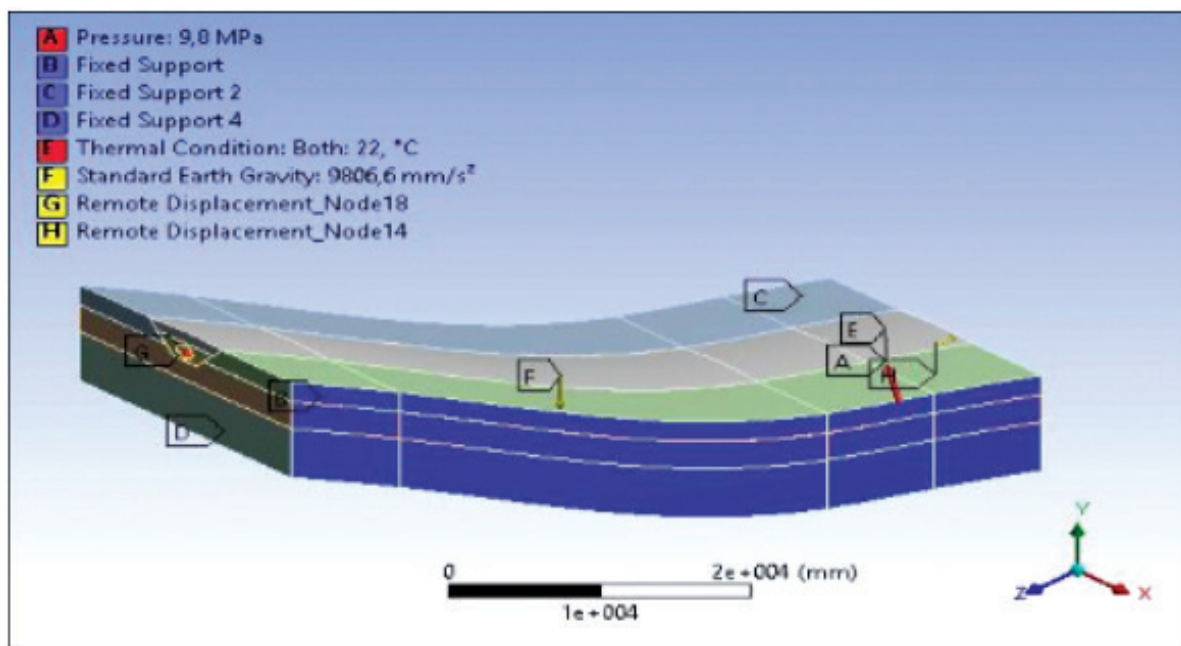


Рисунок 2. Общий вид оболочечной модели трубопровода с нагрузками

Для непосредственной оценки карстоопасности необходимо оценить ее уровень как нагрузки. Ввиду достаточной сложности механизмов, участвующих в процессе разрушения, как правило, в инженерной практике пользуются упрощенными подходами, в частности, критериальными теориями прочности, основанными на трактовке разрушения как порогового явления [11]. В данной работе для математического моделирования пластической деформации трубной стали используется критерий Мизеса об удельной энергии формоизменения [10]. Согласно данному критерию, опасное состояние наступает тогда, когда удельная потенциальная энергия формоизменения достигает своего предельного значения, которое определяется из опытов на простое растяжение-сжатие.

По результатам расчета значение эквивалентного напряжения по Мизесу составило 398,31 МПа, что менее предела текучести ($\sigma_m=480$ МПа), соответственно, выполняется условие прочности.

4. Выводы

Анализ напряженно-деформированного состояния системы «магистральный газопровод – грунтовой массив» при возможном образовании провала показал, что на участке магистрального газопровод «Сила Сибири», Чайнда - Ленск возможное проявление карстового процесса не приведет к развитию каких-либо неблагоприятных последствий, что также подтверждается статистикой аварийности на магистральных газопроводах вследствие карстового процесса.

Однако расчет выполнен в «идеальных» условиях, т.е. на момент начала эксплуатации. При обнаружении «дефектов» в металле трубопровода по данным внутритрубной диагностики в процессе эксплуатации необходимо производить дополнительные проверочные расчеты на опасных участках.

Список литературы

1. Власова Л.В., Ракитина Г.С., Долгов С.И. Влияние природных факторов на устойчивость функционирования Единой системы газоснабжения России. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. – 184 с.
2. Готман Н.З. О проектировании свайных фундаментов опор трубопроводов в условиях карста//Труды IV международной конференции по проблемам свайного фундаментостроения. Ч.2. – Пермь. – 1994. – С.114-117.
3. Бородавкин П.П. Механика грунтов в трубопроводном строительстве. – М: Недра, 1976. – 280 с.
4. Шаммазов А.М., Зарипов Р.М., Чичелов В.А., Коробков Г.Е. Расчет и обеспечение прочности трубопроводов в сложных инженерно-геологических условиях. – М.:Интер, 2005. – 705 с.
5. Зарипов Р.М., Масалимов Р.Б. Напряженно-деформированное состояние подводного морского нефтепровода с учетом изменения грунтовых условий и параметров эксплуатации // Многофазные системы. 2023. Т. 18, № 1. С. 17–26. DOI: 10.21662/mfs2023.1.003.
6. Зарипов Р.М., Коробков Г.Е., Янчушка А.П. Теоретическое обоснование обеспечения стабильного положения трубопроводов в карстовой зоне//Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2022. № 2 (82), с. 9-15.
7. Assessment of internal pressure effect, causing additional bending of the pipeline/Baktizin, R.N., Zaripov, R.M., Korobkov, G.E., Masalimov, R.B. Journal of Mining Institutethis link is disabled, 2020, 242(2), pp. 160-168
8. Zaripov R. M., Masalimov R. B. USE OF COMPENSATORS IN THE UNDERWATER SECTION OF THE OFFSHORE GAS PIPELINE TO PREVENT ITS SURFACING //OF THE TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY GEO ASSETS ENGINEERING. – 2023. – С. 204.
9. Айнбиндер А.Б. Расчет магистральных и промысловых трубопроводов на прочность и устойчивость. – М.:Недра, 1991. – 287с.
10. Алешин В.В., Селезнев В.Е., Клишин Г.С., Кобяков В.В., Дикарев К.И. Численный анализ прочности подземных трубопроводов. – М.:Едиториал УРСС, 2013. – 320 с.
11. Селезнев В.Е., Алешин В.В. Прялов С.Н. Основы численного моделирования магистральных трубопроводов. – М.: МАКС Пресс, 2009. – 436 с.

Кепілдендірілген учаскелердегі «магистральдық құбыр - топырақ» жүйесінің кернеулі-деформацияланған жай-күйі («Сібір күші», «Чаянда - Ленск» магистральдық газ құбыры учаскесінің мысалында)

А.В. Ежкова

Газпром инвест Томск, Томск, Ресей

Андатпа. Қазіргі уақытта қазіргі заманғы газ тасымалдау жүйелеріне сенімділік, ұзақ мерзімділік, өнеркәсіптік және экологиялық қауіпсіздік тұрғысынан жоғары талаптар қойылуда. Газ құбырларының трассалары қауіпті табиғи процестерді көп жылдық бақылауы жоқ аз игерілген өңірлерде орналасқан. Қазіргі уақытта карст неғұрлым жасырын өтетін және болжануы қиын қауіпті инженерлік-геологиялық процесс болып табылады. Құбыр трассасы бойынша карстық процесс пайда болған кезде қосымша жүктеме әсер етуі мүмкін. Осыған байланысты «магистральдық газ құбыры - топырақ» жүйесінің кернеулі-деформацияланған жай-күйін талдау авариялық жағдайдың дамуын тудыруға қабілетті кернеулердің сандық сипаттамаларын айқындау үшін маңызды міндет болып табылады. Мақалада қазіргі уақытта салынған «Сібір күші», «Чаянда - Ленск» магистральдық газ құбырының учаскесі қаралады. Қаралып отырған аумақтың шегінде кембрий жасындағы карбонатты формациялар кеңінен таралған, карстың жер үсті және жер асты пішіндерінің көріністері бар. Осыған байланысты пайдалану кезеңінде процесті жандандыру мүмкін, ал жобалау кезінде осы инженерлік-геологиялық ерекшеліктер қауіп тудырмауы мүмкін. Бұл жұмыста ықтимал жүктеме - карстық сәтсіздіктің әсерінен құбыр мен топырақты бірлесіп деформациялау кезінде кернеулі-деформацияланған жағдайға талдау жүргізілді. Пайдалану кезеңінде алынған нәтижелерді пайдалану бойынша ұсыныстар берілді.

Түйін сөздер: магистральдық газ құбырлары, карстық қауіптілік, кернеулі-деформацияланған жай-күй, түпкілікті элементтер әдісі, жобаланбаған жүктеме.

Stressed-deformed state of the system «main pipeline – soil» in the karst sections (on the example of the section of the main gas pipeline «Power of Siberia», «Chayanda – Lensk»)

A. Ezhkova

Tomsk Gazprom Invest, Tomsk, Russia

Abstract. Currently, modern gas pipeline systems are increasingly demanding in terms of reliability, durability, industrial and environmental safety. Gas pipeline routes are located in poorly established regions where there are no long-term observations of hazardous natural processes. Currently, karst is the most latently occurring and difficult to predict hazardous engineering and geological process. In case of karst process along the pipeline route, additional load may be applied. In this regard, the analysis of the stress-strain state of the trunk gas pipeline-soil system is the most important task for determining the quantitative characteristics of stresses that can cause the development of emergency. The article considers the section currently built, the main gas pipeline “Power of Siberia,” “Chayanda - Lensk.” Carbonate formations of Cambrian age are widespread within the considered territory, there are manifestations of surface and underground forms of karst. In this regard, it is possible to activate the process during the operation stage, while during the design these geotechnical features may not have caused concerns. In this work, stress-strain analysis was carried out in case of joint deformation of the pipeline and soil under the influence of a possible load - karst dip. Proposals on the use of the obtained results at the operation stage are given.

Ключевые слова: main gas pipelines, karst hazard, stressed-deformed state, finite element method, non-design load.

References

1. Vlasova L.V., Rakitina G.S., Dolgov S.I. Vliyanie prirodnykh faktorov na ustojchivost' funkcionirovaniya Edinoj sistemy gazosnabzheniya Rossii. – M.: Gazprom VNIIGAZ, 2009. – 184 s.
2. Gotman N.Z. O proektirovanii svajnykh fundamentovoppor truboprovodov v usloviyah karsta// Trudy IV Mezhdunarodnoj konferencii po problemam svajnogo fundamentostroeniya, CH.2. – Perm'. – 1994. – S.114-117.
3. Borodavkin P.P. Mekhanika gruntov v truboprovodnom stroitel'stve. – M: Nedra, 1976. – 280 s.
4. Shammazov A.M., Zaripov R.M., Chichelov V.A., Korobkov G.E. Raschet i obespechenie prochnosti truboprovodov v slozhnykh inzhenerno-geologicheskikh usloviyah. – M.:Inter, 2005. – 705 s.
5. Zaripov R.M., Masalimov R.B. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie podvodnogo morskogo nefteprovoda s uchetoм izmeneniya gruntovykh uslovij i parametrov ekspluatatsii // Mnogofaznye sistemy. 2023. T. 18, № 1. S. 17–26. DOI: 10.21662/mfs2023.1.003
6. Zaripov R.M., Korobkov G.E., Yanchushka A.P. Teoreticheskoe obosnovanie obespecheniya stabil'nogo polozheniya truboprovodov v karstovoj zone//Truboprovodnyj transport: teoriya i praktika. 2022. № 2 (82), s. 9-15.
7. Assessment of internal pressure effect, causing additional bending of the pipeline/Baktizin, R.N., Zaripov, R.M., Korobkov, G.E., Masalimov, R.B. Journal of Mining Institutethis link is disabled, 2020, 242(2), pp. 160-168
8. Zaripov R. M., Masalimov R. B. USE OF COMPENSATORS IN THE UNDERWATER SECTION OF THE OFFSHORE GAS PIPELINE TO PREVENT ITS SURFACING //OF THE TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY GEO ASSETS ENGINEERING. – 2023. – S. 204.
9. Ajnbinder A.B. Raschet magistral'nyh i promyslovyh truboprovodov na prochnost' i ustojchivost'. – M.:Nedra, 1991. – 287s.
10. Aleshin V.V., Seleznev V.E., Klislin G.S., Kobayakov V.V., Dikarev K.I. Chislennyj analiz prochnosti podzemnyh truboprovodov. – M.:Editorial URSS, 2013. – 320 s.
11. Seleznev V.E., Aleshin V.V. Pryalov S.N. Osnovy chislennogo moelirovaniya magistral'nyh truboprovodov. – M.: MAKS Press, 2009. – 436 s.

Сведения об авторе:

А.В. Ежкова – кандидат технических наук, инженер, Газпром инвест Томск, пр. Ленина, 39, Томск, Россия.

А.В. Ежкова – техника ғылымдарының кандидаты, инженер, Газпром инвест Томск, Ленин даң., 39, Томск, Ресей.

A. Ezhkova – Candidate of Technical Sciences, Engineer, Tomsk Gazprom Invest, 39 Lenin Ave., Tomsk, Russia.

Т.Ю. Никонова¹, Г.С. Жетесова¹, О.М. Жаркевич¹,
А.А. Скаскевич², Н.Д. Стрекаль²

¹Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,
Караганда, Казахстан

²Гродненский государственный университет имени Янки Купала, Гродно, Беларусь
E-mail: *zharkevich82@mail.ru

О возможности применения песчано-полимерных композиционных материалов в изделиях машиностроительного назначения

Аннотация. В статье приведены изделия машиностроительного назначения, в которых применяются полимерные композиционные материалы. Данные изделия работают в условиях трения, динамических нагрузках, агрессивных химических средах. Полимерные композиционные материалы используют из-за высоких деформационно-прочностных характеристик и штампруемости изделий. Изделия из песчано-полимерных композитов образуются при прохождении нескольких технологических стадий. Ввиду достаточной термостабильности в качестве полимерного связующего для изготовления деталей в машиностроении могут быть использованы термопласты класса полиолефинов. Для деталей, работающих в условиях высокой упругости можно применять высоконаполненные композиты. Песчано-полимерные композиты на основе полиэтилентерефталата имеют повышенные деформационно-прочностными характеристики. Такие композиты обладают высокой стойкостью к воздействию агрессивных сред. Большой эффективностью обладают высоконаполненные кварцесодержащие композиты с полигидроксиэфиром. Основными компонентами песчано-полимерных композитов являются кварцевый песок и гравийные смеси. Деформационно-прочностные свойства полученных полимерных композитов зависят от состава наполнителей их фракций. Применение смазок и пластификаторов улучшает термоформирование композита из-за повышения текучести расплава. Увеличение содержания функциональных добавок вместе с увеличением кварца в композите вызывает снижение его прочностных свойств. Важным этапом в технологии производства изделия машиностроительного назначения является смешивание компонентов песчано-композитного материала. Смешивание происходит различными способами: сухое смешение дисперсных компонентов и компаундирование компонентов композита с получением суперконцентратов.

Ключевые слова: полимер, композиционный материал, полиэтилентерефталат, кварцевый песок.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-89-99

1. Введение

Традиционным подходом при разработке и изготовлении корпусных изделий в машиностроении является применение металлических материалов трубного и листового прокатов, а также перерабатываемых методами литья. При этом создание конструкций сложной конфигурации предполагает применение конструкционных, легированных и углеродистых сталей с использованием технологий металлообработки и сварки. Такие

конструкции часто нуждаются в использовании эффективных методов их защиты от воздействия коррозионных и абразивных факторов эксплуатации, вызывающих их нарушение режимов эксплуатации узлов и механизмов и их разрушение. Например, при повреждении конструктивных элементов роликов ленточных конвейеров нарушается режим их работы, происходит разрушение подшипникового элемента и торможение ролика, что, в свою очередь, влечет увеличение интенсивности изнашивания транспортёрной ленты и уменьшение ресурса ленточного конвейера.

Ролики являются одним из основных компонентов ленточных конвейеров. Существует большое число конструкций роликов, используемых в ленточных конвейерах с различными параметрами эксплуатационных характеристик. Важным сегментом этих конструкций являются металлополимерные ролики (рисунок 1), у которых отдельные элементы выполнены из полимерных или композиционных материалов различного состава и технологии получения и переработки [1, 2].



Рисунок 1. Металлополимерные ролики конвейера

Среди достаточно широкой номенклатуры полимерных и композиционных материалов для изготовления конструктивных элементов металлополимерных роликов особую перспективу имеют термопласты, которые характеризуются сочетанием достаточно высоких параметров деформационно-прочностных характеристик и технологичности переработки в изделия с использованием высокопроизводительного оборудования – экструдеров и термопластавтоматов [3-7].

Полимерные композиционные материалы используются также при изготовлении полиамидных корпусов подшипников (рисунок 2). Эти материалы обеспечивают устойчивость подшипников к агрессивным химическим веществам, низкие эксплуатационные расходы, малый вес и низкое трение.

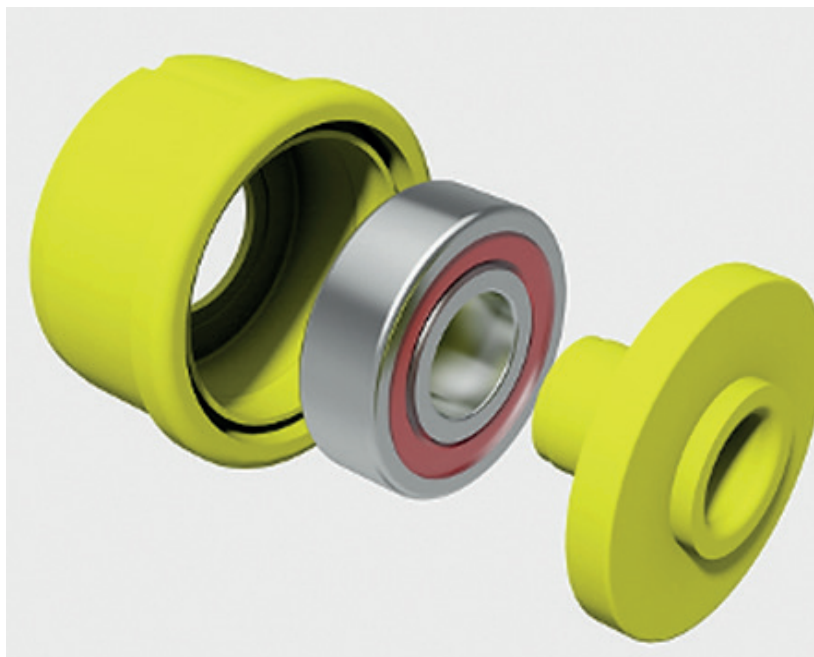


Рисунок 2. Полиамидный корпус подшипника

Также полимерные композиционные материалы применяются при изготовлении:

- манжет;
- грязесъемников;
- направляющих станков;
- тормозных колодок;
- шкивов, маховиков;
- зубчатых и червячных колес.

Полимерные композиционные материалы обеспечивают достижение оптимального сочетания эксплуатационных характеристик конструкционных изделий и их экономической эффективности.

Современные проблемы экологической безопасности окружающей среды вынуждают производителей и переработчиков пластмасс заниматься поиском эффективных способов утилизации и рециклинга отходов. Достигнуты определенные успехи в создании и внедрении в производство машиностроительной продукции полимерных композитов на основе регенерированных термопластов. Переработка полимерных отходов при использовании современных технологий рециклинга позволяет получать промышленные продукты с параметрами деформационно-прочностных и реологических характеристик, близких к первичным, при существенно более низкой стоимости, что повышает эффективность их применения для изготовления машиностроительной продукции различного функционального назначения [8]. Вместе с тем, широкий диапазон использования полимерных композитов в самых сложных конструкциях изделий для различных условий их эксплуатации требует расширения марочного ассортимента полимерных и композиционных материалов на основе термопластов для обеспечения оптимальных технических и экономических параметров.

Поэтому целью статьи является проведение анализа физико-механических свойств песчано-полимерных композиционных материалов в изделиях машиностроительного назначения для последующего совершенствования состава и технологического обеспечения их производства и переработки.

2. Методы исследования

На основании литературного обзора определено, что существуют составы полимерных композиционных материалов на основе регенерированных термопластов, модифицированных термоэластопластичными полимерными компонентами, применяемыми в производстве изделий для сферы машиностроения (Беларусь, Россия). В качестве основы таких композитов применяют регенерированный полипропилен производства ОАО «Белвторполимер» (Республика Беларусь), получаемый экструзионной технологией рециклинга амортизированных изделий различного вида. Например, корпус подшипникового узла многие производители конвейерных роликов (Е-конвейер (Россия), «Иркутские конвейерные системы» (Россия) ЗАО «СИПР» (Беларусь)) выполняют не только из стали, но и из полимерных композиционных материалов различного состава, в том числе с применением термопластичных регенерированных пластиков.

Для анализа технологической схемы получения изделия из полимерных материалов использован метод последовательного развертывания.

Для установления качественных характеристик песчано-полимерных смесей применялся критерий оптимальности.

3. Результаты и обсуждение

Применяемые в настоящее время технологии получения изделий на основе песчано-полимерных композитов отличаются многостадийностью [6, 9, 10, 11], длительными по времени операциями нагрева полимерной массы при получении высоконаполненной композиционной системы и охлаждения после формования полученного массивного изделия из приготовленной массы расплава полимерного композиционного материала. Общая схема получения изделия из полимерных материалов представлена на рисунке 3.

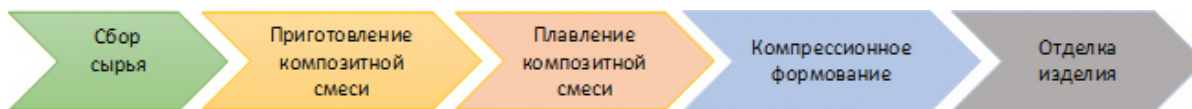


Рисунок 3. Технологическая схема получения изделия из полимерных материалов

Как следствие, производство изделий в указанной последовательности термического воздействия не отличается высокой производительностью и, как правило, изделия характеризуются высокой стоимостью при относительно невысоких материальных затратах на компоненты. Получаемые конструкции на основе песчано-полимерных композитов не отличаются разнообразием конструктивных форм, применением тонкостенных элементов вследствие технологических требований обеспечения равномерного течения массы расплава по оформляющим полостям оснастки при формовании изделий.

При этом качество и равнопрочность полученного изделия должны определяться рядом важных факторов:

- высоким значением показателя текучести расплава связующего;
- отсутствием примесей иных полимерных компонентов, твердых примесей и включений в составе связующего;
- фракционным распределением частиц твердого наполнителя;
- активным взаимодействием поверхности раздела фаз наполнителя и связующего.

В литературных источниках содержится достаточно информации о применении песчано-полимерных композиционных составах для изготовления различных изделий конструкционного назначения. При этом чаще всего в качестве полимерного связующего

указанных композитов авторы предлагают применять термопласты класса полиолефинов [12] по причине достаточной термостабильности последних в широком диапазоне температур (150...350 °С).

Чаще всего термомеханическое смешение компонентов песчано-полимерных композитов реализовано в смесителях открытого типа при беспрепятственном доступе кислорода воздуха. Протекающие при этом процессы окисления полимера приводят к образованию радикальных продуктов, являющихся активными центрами взаимодействия связующего с наполнителем [13, 14] на основе полипропилена характеризуются высокими значениями показателя текучести расплава, более высоким уровнем деформационно-прочностных параметров и низкими значениями термической усадки [15].

Полимерные матрицы класса полиолефинов, являющиеся неполярными веществами, плохо взаимодействуют с различными наполнителями, в том числе с кварцем. Однако модификация полимерного связующего малеиновым ангидридом в результате привитой сополимеризации с дальнейшей шшивкой макромолекул решает проблему снижения прочностных характеристик высоконаполненных композитов на основе полиолефинов [15]. Высоконаполненные композиты на основе полипропилена, содержащие дисперсные отходы переработки железных руд (оксид кремния не менее 20%), отличаются высоким модулем упругости. При этом авторы отмечают необходимость применения дополнительных способов повышения межфазного взаимодействия полипропилена и наполнителя.

В последние годы отмечается расширение номенклатуры песчано-полимерных композитов на основе полиэтилентерэфталата (ПЭТФ), отличающихся повышенными деформационно-прочностными характеристиками и стойкостью к воздействию агрессивных сред. Большой объем отходов ПЭТФ и их доступность позволяют применять полученные композиты для производства изделий машиностроительного назначения [16,17]. Так, в работе [18] отмечена эффективность модифицирования ПЭТФ добавками полигидроксиэфир бисфенола А, способствующего структурированию и, как следствие, к повышению прочности (до 20%) и термостойкости (до 25 °С). Отмечается эффективность модифицирования высоконаполненных составов кварцсодержащих композитов на основе ПЭТФ полигидроксиэфиром [16]. Кроме того, высокие значения модуля упругости высоконаполненных композитов на основе ПЭТФ сочетаются с высокой стойкостью поверхности изделий к абразивному изнашиванию [19]. Обладая высокими реологическими характеристиками ПЭТФ связующее обеспечивает эффективную пропитку многокомпонентных композиционных систем, например, «кварцевый песок+древесина», содержащих до 80% наполнителя [9]. При этом отмечается необходимость модифицирования поверхности наполнителя для улучшения поверхностных физических свойств компонентов композита.

Основным наполнителем песчано-полимерных композитов является кварцевый песок, а также гравийные смеси. При этом уровень деформационно-прочностных показателей получаемых полимерных композитов будет определяться фракционным составом наполнителей. В литературе чаще всего упоминают использование горного, карьерного и речного песков [12, 17] с размерами дисперсных частиц миллиметрового, микрометрового и нанометрового диапазонов. При этом химический состав наполнителя, форма частиц и его физические характеристики определяются его происхождением. Следует отметить, что определяющее влияние на механические свойства полученных песчано-полимерных композитов оказывают фракционный состав и активность наполнителя. Наиболее эффективны в структурообразовании полимерной матрицы фракции с размером частиц кварцсодержащего наполнителя в пределах 10-500 мкм [17] при его предельном содержании в составе композита до 90-92 мас.%. Эффективность упрочнения дисперсного кварцсодержащего наполнителя определяется размером частиц (10-50 мкм) и их содержанием (до 25%) и может достигать 30 %. При этом введение в состав связующего фракций наполнителя с размерами менее 1 мкм при концентрациях более 3 -5 мас.%

вызывает загущающий эффект, что отражается в снижении показателя текучести расплава (ПТР) полимера, и, как следствие, – ухудшает гомогенное распределение наполнителя в матрице, вызывает агломерацию частиц наполнителя. Такой эффект особенно актуален для вязких полимерных материалов, таких, как полиэтилен высокого давления и его регенераты [11]. С другой стороны, активность наночастиц кварца способствует структурированию матрицы и снижению подвижности сегментов макромолекул полимерного связующего, что проявляется в повышении жесткости и предела прочности при сжатии полимерного композиционного материала в сравнении с исходным [20].

С целью повышения совместимости полимерного связующего и наполнителя последний подвергают обработке аппретирующими составами, обеспечивающими повышение адгезионного взаимодействия на границе раздела фаз компонентов композиционной системы, что, в свою очередь, проявляется в повышении физико-механических характеристик полимерных композитов. Выбор аппрета в случае песчано-полимерных композитов определяется природой полимерного связующего. Для увеличения активности взаимодействия поверхности кварцевого наполнителя в состав композитов на основе полиолефинов вводят аппреты на основе кремнийорганики, например, аминоэтиламинопропилтриметоксисилан, 2-метил-5-метилдиэтил-силлил-2-(метиленокси-1,3-диоксолано)-пентан, гаммафеноксипропилтриизоамидоксисилоном. Кроме того, содержание связующего и длительность операции смешения компонентов композиции, а также давление прессования оказывают прямое влияние на показатель пористости материала, что позволяет успешно применять полученные композиты не только в качестве конструкционных, но и функциональных, например, для фильтрации [8].

Показано [21], что стеарат кальция практически не оказывает влияния на величину ПТР, а наиболее эффективным является введение стеариновой кислоты в состав полиэтилена высокого давления. Интересно отметить, что при повышении содержания стеариновой кислоты до 3% мас. для композиции с 50 мас. % содержанием мела ПТР повышается. Необходимо отметить, что при использовании смеси стеарата кальция и стеариновой кислоты (в соотношении 2:1) в количестве до 3% мас. ПТР композиции существенно превышает ожидаемые аддитивные значения, что может быть связано с взаимодействием между компонентами. Одновременное использование стеариновой кислоты с другими технологическими добавками, в частности, с стеаратом кальция, хорошо известно для композиций на основе поливинилхлорида [22], но не используется для полиэтиленовых композиций.

Введение в состав песчано-полимерного композита на основе полипропилена компатибилизатора, например, сополимера полипропилена с малеиновым ангидридом, обеспечивает повышение совместимости компонентов композиционной системы «полипропилен-кварц», а применение технологических смазок и пластификаторов улучшает способность композита к термоформованию посредством повышения текучести расплава [15]. При этом рост содержания функциональных добавок наряду с увеличением содержания кварца вызывает пропорциональное снижение прочностных параметров композита.

Для снижения интенсивности процессов деструкции полимерной матрицы и последующей потери прочности в ходе переработки композитов в изделия в их состав вводят антиоксиданты, способствующие ингибированию термоокислительных реакций.

Большое влияние на эксплуатационные характеристики высоконаполненных полимерных композитов оказывает технология их формирования и переработки. Основным этапом технологии совмещения компонентов песчано-полимерных композитов является их смешение. В технологии пластмасс существует практика введения небольших количеств добавок (пигментов, стабилизаторов и т.д.) в виде концентрата модификатора в полимере. Преимуществом этого способа является повышенная точность дозирования компонентов и более равномерное их распределение. Для смешения компонентов высоконаполненных песчано-полимерных композитов применяют высокоскоростные

термокинетические смесители с изолированными камерами [8], инъекционную пластикацию, экструзию [23] и вальцевание [21]. При этом дисперсные компоненты наполнителя и модификаторов предварительно подвергаются сухому смешению в смесителях [21, 23], например, через бункер загрузки или дозирующие устройства в процессе экструзии полимерного композита. Наряду с сухим смешением дисперсных компонентов, используют компаундирование компонентов композита с получением суперконцентратов. В работе [24] авторы предлагают производить криогенное измельчение полимерного связующего, что при подготовке композиционного смесового состава обеспечивает равномерное распределение компонентов в процессе последующего компрессионного термопрессования листовых заготовок композиционного материала.

Таким образом, важным при применении песчано-полимерных композиционных материалов в производстве изделий машиностроительного назначения необходимо учитывать физико-механические свойства композитов и технологию их изготовления и переработки.

4. Выводы

Введение повышенного содержания кварцевого наполнителя обеспечивает увеличение подвижности дисперсных частиц в связующем, в том числе за счет обработки их поверхности аппретирующими составами, что воспрепятствует агрегированию частиц наполнителя и обеспечит формирование малодефектной структуры с максимально возможной степенью плотности композита.

Высоконаполненные композиционные полимерные материалы на основе термопластичных связующих преимущественно перерабатывают методами экструзии (получение композитов и полуфабрикатов) и термопрессования (получение полуфабрикатов и изделий).

Создание технологии переработки песчано-полимерных композиционных материалов и совершенствование состава их физико-механических свойств даст возможность повысить технико-экономические показатели машиностроительных изделий и технологического оборудования, производимого в Республике Казахстан и в Республике Беларусь, повысить уровень использования регенерированного полимерного сырья и расширить перечень отечественной продукции, выпускаемой для нужд машиностроения.

Подтверждения

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант по теме ИРН № АР19680121 «Разработка составов песчано-полимерных композиционных материалов и технологического обеспечения их переработки в изделия машиностроительного назначения»).

Список литературы

1. Токменинов К.А. Эффективность освоения полимерных композиционных материалов в промышленности // Russian Economic Bulletin, 2018, Том 1, №3. – С.12 -17.
2. Ковалева С.А., Жорник В.И., Витязь П.А., Григорьева Т.Ф., Восмерилов С.В., Ляхов Н.З. Механосинтезированные наполнители на основе железа и их влияние на структуру высоконаполненных полимерных порошков СВМПЭ: сб. науч. ст. по материалам III Всероссийск. конф., Новосибирск, 1-5 октября. 2019. – С.221.
3. Актуальные проблемы прочности / Междунар. науч. конф. – Витебск, 25-29 мая, 2020. – 400 С.
4. Физико-механические и термомеханические свойства пластифицированных высоконаполненных композитов на основе полипропилена и кварца: науч. ст., Гаида Рауф Азизбеги // Нефтегазовое дело, 2023, No 2. – 118 с.

5. Yern Chee Ching, Nai-Shang Liou Effects of high temperature and ultraviolet radiation on polymer composites //Composites Science and Engineering, 2019, P. 407-426
6. Состав для изготовления водопроводных труб: пат. RU 2 127 393. Заявит.: Самарский гос. тех. унив. – Оpubл. 10.03.1999.
7. Влияние добавки углеродных нанотрубок на физико-механические характеристики высоконаполненных полимерных систем: сб. науч. ст. //Минск: БГТУ, 2016. – 39–40.
8. Федоров Ю.И., Михайлов А.С., Ившин С.С., Гибадуллин И.З., Кравченко Э.Ф., Динисламова А.А. Композиционные высоконаполненные составы с полимерной дисперсионной средой // Композиционные высоконаполненные составы с полимерной дисперсионной средой: тез. докл. и сообщений. – С.129.
9. Смесь для получения изделий из композиционных материалов: пат. RU 2 270 870. / В.А. Лукасик, Ю.А. Анцупов, Н.В. Сычев, В.П. Медведев, В.В. Лукьяничев, Д.В. Медведев. – Оpubл.27.02.2006.
10. Карпов И.А., Савельева М.О. Материалы, применяемые в производстве песчано-полимерных литейных форм методом селективного отверждения песчаной смеси; сравнение их свойств, характеристик и особенностей // Всероссийская научно-техническая конференция студентов «Студенческая весна 2016». – С.1-2.
11. Курбанова Р.В. Аппретирированные полимерные наноккомпозиты на основе полиэтилена низкой плотности и кварца //Пластические массы, №9-10, 2018. – С.44–46.
12. Песчано-полимерный материал: заявка RY 2000116996/12 / А.М. Тарасенко, А.И. Жуков, М. Манес. – Оpubл. 20.07.2001.
13. Черезова Е.Н. Старение и стабилизация полимеров: учебное пособие. Ч. 1 / Е.Н. Черезова, Н.А. Мукменева, В.П. Архиреев; М-во образ. и науки России; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2012. – 140 с.
14. Кочеткова А. С., Семенова В. А., Соснов Е. А., Малыгин А. А. Влияние строения химически привитых к поверхности полиэтилена двухкомпонентных титан-фосфороксидных наноструктур на свойства композиции //Журнал прикладной химии, 2020, Т. 93, № 8. – С. 1150-1159.
15. Стабилизированный компонент на основе тальконаполненного полипропилена: пат. RU 2 515 437 / Ю. Браун, Й. Вольфшвенгер. – Оpubл. 10.05.2014.
16. Композиционный материал: пат. RU 2 631 452. / Т.Н. Стородубцева, А.А. Аксомитный. – Оpubл. 22.09.2017.
17. Стородубцева Т.Н., Медведев, И.Н., Бурякова, А.А. Влияние концентрации компонентов в древесном полимерном песчаном композиционном материале на устойчивость к сжатию / сб. ст. Воронежск. гос. лесотехнич. ун-т. 2022. – С.235-242.
18. Беева Д.А., Микитаев А.К., Барокова Е.Б., Беев А.А., Борисов В.А., Якокутова А.А. Полимерный композит на основе полиэтилентерефталата //Фундаментальные исследования, 2013, № 10. – С. 2878-2881.
19. Chand N., Naik A., & Neogi, S. Three-body abrasive wear of short glass fibre polyester composite //Wear, 2000, 242(1-2). – P. 38–46
20. Саскевич А.А. Механизм модифицирующего действия ультрадисперсных кластеров синтетического углерода //Материалы, технологии, инструменты, 2000, Т.5, №2. – С. 47-51.
21. Дудочкина Е.А. Закономерности формирования структурно-механических свойств высоконаполненных полиолефиновых композиций: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.06. – М., 2019. – 154 с.
22. Нифталиев С.И., Лыгина Л.В., Перегудов Ю.С., Прокофьева Л.А. Исследование реологических свойств композиций на основе ПВХ //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий, 2014, №2. – С.132-134.
23. Yıldırım K., FurkanYıldırım, Y., Wood and Quartz Substituted Composite Material Characteristics / Korkmaz Yıldırım, Yüksel FurkanYıldırım // BioResources, 2021, 16(2). – P. 3607–3622.
24. Preparation and Characterization of Polymer/Silica Nanocomposites via Double In Situ Miniemulsion Polymerization: essential essays / Jianan Zhang, Nannan liu, Mozhen Wang, Xuewu Ge, Mingyuan Wu, Jianjuan Yang, Qingyun Wu, Zhilai Jin. – Mode of access: <http://www.interscience.wiley.com>, 2009.

Құмды-полимерлі композициялық материалдарды машина жасау бұйымдарында қолдану мүмкіндіктері

Т.Ю. Никонова¹, Г.С. Жетесова¹, О.М. Жаркевич¹, А.А. Скаскевич², Н.Д. Стрекаль²

¹Ө. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

² Янки Купала атындағы Гродно мемлекеттік университеті, Гродно, Беларусь

Аңдатпа. Мақалада полимерлі композициялық материалдар қолданылатын машина жасау бұйымдары келтірілген. Бұл бұйымдар үйкеліс жағдайында, динамикалық жүктемелерде, агрессивті химиялық ортада жұмыс істейді. Полимерлі композициялық материалдар жоғары деформациялық-беріктік сипаттамаларына және бұйымдардың штампталуына байланысты қолданылады. Құм-полимерлі композиттерден жасалған бұйымдар бірнеше технологиялық кезеңдерден өткен кезде пайда болады. Термиялық тұрақтылықтың жеткілікті болуына байланысты полимерлі байланыстырғыш ретінде машина жасауда бөлшектер жасау үшін полиолефин класындағы термопластиктерді қолдануға болады. Жоғары серпімділік жағдайында жұмыс істейтін бөлшектер үшін жоғары толтырылған композиттерді қолдануға болады. Полиэтиленерэфталға негізделген құм-полимерлі композиттерде жоғарылатылған деформациялық-беріктік сипаттамалары бар. Мұндай композиттер агрессивті орталардың әсеріне жоғары төзімділікке ие. Полигидроксиэфірі бар жоғары толтырылған кварцты композиттер үлкен тиімділікке ие. Құм-полимерлі композиттердің негізгі компоненттері – кварц құмы мен қиыршықтас қоспалары. Алынған полимерлі композиттердің деформациялық-беріктік қасиеттері олардың фракцияларының толтырғыштарының құрамына байланысты. Майлағыштар мен пластификаторларды қолдану бақытпаның аққыштығының жоғарылауына байланысты композиттің термиялық қалыптасуын жақсартады. Композиттегі кварцтың жоғарылауымен функционалды қоспалардың құрамының артуы оның беріктік қасиеттерінің төмендеуіне әкеледі. Машина жасау мақсатындағы өнімді өндіру технологиясының маңызды кезеңдері құм-композиттік материалдың компоненттерін араластыру болып табылады. Араластыру әртүрлі жолдармен жүреді: дисперсті компоненттерді құрғақ араластыру және суперконцентраттар алу үшін композиттік компоненттерді құрастыру.

Түйін сөздер: полимер, композициялық материал, полиэтиленерэфталат, кварц құмы.

Possibilities of using sand-polymer composite materials in engineering products

T. Nikonova¹, G. Zhetessova¹, O. Zharkevich¹, A. Skaskevich², N. Strecal²

¹A. Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

²Yanka Kupala Grodno State University, Grodno, Belarus

Abstract. The article presents products for machine-building purposes, in which polymer composite materials are used. These products operate under friction, dynamic loads, aggressive chemical environments. Polymer composite materials are used because of the high deformation-strength characteristics and stamping of products. Products from sand-polymer composites are formed during the passage of several technological stages. Due to sufficient thermal stability, thermoplastics of the polyolefin class can be used as a polymer binder for the manufacture of parts in mechanical engineering. For parts operating under conditions of high elasticity, highly filled composites can be used. Sand-polymer composites based on polyethylene terephthal have increased deformation and strength characteristics. Such composites are highly resistant to aggressive media. Highly filled quartz-containing composites with polyhydroxyether are highly effective. The main components of sand-polymer composites are quartz sand and gravel mixtures. The deformation-strength properties of the obtained polymer composites depend on the composition of the fillers of their fractions. The use of lubricants and plasticizers improves the thermoforming of the composite due to an increase in the fluidity of the melt. An increase in the content of functional additives in place of an increase in quartz in the composite causes a decrease in its strength properties. An important stage in the production technology of a machine-building product is the mixing of the components of the sand-composite material. Mixing occurs in various ways: dry mixing of dispersed components and compounding of composite components to obtain superconcentrates.

Keywords: polymer, composite material, polyethylene terephthalate, quartz sand.

References

1. Tokmeninov K.A. Effektivnost' osvoeniya polimernykh kompozitsionnykh materialov v promyshlennosti //Russian Economic Bulletin, 2018, Tom 1, №3. P.12 -17. [in Russian]
2. Kovaleva S.A., Zhornik V.I., Vityaz' P.A., Grigor'yeva T.F., Vosmerikov S.V., Lyakhov N.Z. Mekhanosintezirovannyye napolniteli na osnove zheleza i ikh vliyaniye na strukturu vysokonapolnennykh polimernykh poroshkov SVMPE: sb. nauch. st. po materialam III Vserossiysk. konf., Novosibirsk, 1-5 oktyabrya, 2019. P.221. [in Russian]
3. Aktual'nyye problemy prochnosti / Mezhdunar. nauch. konf. – Vitebsk, 25-29 maya, 2020. 400 p. [in Russian]
4. Fiziko-mekhanicheskiye i termodeformatsionnyye svoystva plastifitsirovannykh vysokonapolnennykh kompozitov na osnove polipropilena i kvartsa: nauch. st., Gamida Rauf Azizbeyli // Neftegazovoye delo, 2023, No 2. – 118 p. [in Russian]
5. Yern Chee Ching, Nai-Shang Liou Effects of high temperature and ultraviolet radiation on polymer composites //Composites Science and Engineering, 2019. P. 407-426
6. Sostav dlya izgotovleniya vodoprovodnykh trub: pat. RU 2 127 393. Zayavit.: Samarskiy gos. tekhn. univ. – Opubl. 10.03.1999. [in Russian]
7. Vliyaniye dobavki uglerodnykh nanotrubok na fiziko-mekhanicheskiye kharakteristiki vysokonapolnennykh polimernykh sistem: sb. nauch. st. //Minsk: BGTU, 2016. P.39-40. [in Russian]
8. Fedorov YU.I., Mikhaylov A.S., Ivshin S.S., Gibadullin I.Z., Kravchenko E.F., Dinislamova A.A. Kompozitsionnyye vysokonapolnennyye sostavy s polimernoy dispersionnoy sredoy //Kompozitsionnyye vysokonapolnennyye sostavy s polimernoy dispersionnoy sredoy: tez. dokl. i soobshcheniy, 2018. P.129 [in Russian]
9. Smes' dlya polucheniya izdeliy iz kompozitsionnykh materialov: pat. RU 2 270 870. / V.A. Lukasik, YU.A. Antsupov, N.V. Sychev, V.P. Medvedev, V.V. Luk'yanichev, D.V. Medvedev. – Opubl.27.02.2006. [in Russian]
10. Karpov I.A., Savel'yeva M.O. Materialy, primenyayemye v proizvodstve peschano-polimernykh liteynykh form metodom selektivnogo otverzheniya peschanoy smesi; sravneniye ikh svoystv, kharakteristik i osobennostey // Vserossiyskaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya studentov «Studencheskaya vesna 2016». – P. 1–2 [in Russian]
11. Kurbanova R.V. Appretirovannyye polimernyye nanokompozity na osnove polietilena nizkoy plotnosti i kvartsa //Plasticheskiye massy, №9-10, 2018. – S.44–46
12. Peschano-polimernyy material: zayavka RY 2000116996/12 / A.M. Tarasenko, A.I. Zhukov, M. Manes.- Opubl. 20.07.2001. [in Russian]
13. Cherezova Ye.N. Stareniye i stabilizatsiya polimerov: uchebnoye posobiye. CH. 1 /Ye.N. Cherezova, N.A. Mukmeneva, V.P. Arkhireyev; M-vo obraz. i nauki Rossii; Kazan. nats. issled. tekhnol. un-t. – Kazan': Izd-vo KNITU, 2012. – 140 p. [in Russian]
14. Kochetkova A. S., Semenova V. A., Sosnov Ye. A., Malygin A. A. Vliyaniye stroyeniya khimicheskoi privykh k poverkhnosti polietilena dvukhkompontnykh titan-fosforoksidnykh nanostruktur na svoystva kompozitsii //Zhurnal prikladnoy khimii, 2020, T. 93, № 8. P. 1150-1159. [in Russian]
15. Stabilizirovannyy komponent na osnove tal'konapolnennogo polipropilena: pat. RU 2 515 437 / YU. Braun, Y. Vol'fshvenger. – Opubl. 10.05.2014. [in Russian]
16. Kompozitsionnyy material: pat. RU 2 631 452. / T.N. Storodubtseva, A.A. Aksomitnyy. – Opubl. 22.09.2017. [in Russian]
17. Storodubtseva T.N., Medvedev, I.N., Buryakova, A.A. Vliyaniye kontsentratsii komponentov v drevesnom polimernom peschanom kompozitsionnom materiale na ustoychivost' k szhatiyu / sb. st. Voronezhsk. gos. lesotekhnich. un-t. 2022. – P. 235–242. [in Russian]
18. Beyeva D.A., Mikitayev A.K., Barokova Ye.B., Beyev A.A., Borisov V.A., Yakokutova A.A. Polimernyy kompozit na osnove polietilentereftalata //Fundamental'nyye issledovaniya, 2013, № 10. P. 2878-2881 [in Russian]
19. Chand N., Naik A., & Neogi, S. Three-body abrasive wear of short glass fibre polyester composite //Wear, 2000, 242(1-2). – P. 38–46
20. Skaskevich A.A. Mekhanizm modifitsiruyushchego deystviya ul'tradispersnykh klasterov sinteticheskogo ugleroda //Materialy, tekhnologii, instrumenty, 2000, T.5, №2. – S. 47-51. 21. Dudochkina Ye.A. Zakonomernosti formirovaniya strukturno-mekhanicheskikh svoystv vysokonapolnennykh poliolefinovykh kompozitsiy: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.17.06. – M., 2019. – 154 p. [in Russian]

22. Niftaliyev S.I., Lygina L.V., Peregudov YU.S., Prokof'yeva L.A. Issledovaniye reologicheskikh svoystv kompozitsiy na osnove PVKH //Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy, 2014, №2. P.132-134 [in Russian]

23. Yıldırım K., FurkanYıldırım, Y., Wood and Quartz Substituted Composite Material Characteristics / Korkmaz Yıldırım, Yüksel FurkanYıldırım // BioResources, 2021, 16(2). – P. 3607–3622.

24. Preparation and Characterization of Polymer/Silica Nanocomposites via Double In Situ Miniemulsion Polymerization: essential essays / Jianan Zhang, Nannan liu, Mozhen Wang, Xuewu Ge, Mingyuan Wu, Jianjuan Yang, Qingyun Wu, Zhilai Jin. – Mode of access: <http://www.interscience.wiley.com>, 2009.

Сведения об авторах:

Т.Ю. Никонова – к.т.н., и.о. доцента, Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

Г.С. Жетесова – д.т.н., профессор, Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

О.М. Жаркевич – к.т.н., профессор, Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

А.А. Скаскевич – к.т.н., доцент, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, ул. Элизы Ожешко, 22, Гродно, Беларусь.

Н.Д. Стрекаль – к.м.н., профессор, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, ул. Элизы Ожешко, 22, Гродно, Беларусь.

Т.Ю. Никонова – т.ғ.к., доцент м.а., Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

Г.С. Жетесова – т.ғ.д., профессор, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

О. Жаркевич – т.ғ.к., профессор, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

А.А. Скаскевич – т.ғ.к., доцент, Янка Купала атындағы Гродно мемлекеттік университеті, Элиза Ожешко көш., 22, Гродно, Беларусь.

Н.Д. Стрекаль – м.ғ.к., профессор, Янка Купала атындағы Гродно мемлекеттік университеті, Элиза Ожешко көш., 22, Гродно, Беларусь.

T. Nikonova – Candidate of Technical Sciences, acting Associate Professor, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

G. Zhetessova – Doctor of Technical Sciences, Professor, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

O. Zharkevich – Candidate of Technical Sciences, Professor, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

A. Skaskevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Yanka Kupala State University of Grodno, 22 Eliza Ozheshko st., Grodno, Belarus.

N. Strecal – Candidate of Medical Sciences, Professor, Yanka Kupala State University of Grodno, 22 Eliza Ozheshko st., Grodno, Belarus.

А.Б. Рустемов*, Б.А. Кузенбаев

*Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, Костанай,
Казахстан*

*E-mail: *rustemov_azat@mail.ru, becz@bk.ru*

Принципы определения подозрительной активности и программы для анализа подозрительной активности с помощью камер видеонаблюдения

Аннотация. В предложенной статье обсуждаются принципы определения подозрительной активности с точки зрения логики и психологии человека, а также исследуются существующие программы для анализа подозрительной активности с помощью камер видеонаблюдения. Рассматриваются основные виды подозрительной активности, такие, как скопление людей, быстрое передвижение, проникновение на охраняемую территорию и оставленные без присмотра вещи, а также методы и инструменты, которые можно использовать для их обнаружения. В исследовании затрагиваются преимущества и недостатки существующих популярных программ анализа подозрительной активности посредством видеонаблюдения, в том числе обсуждается концепция программы, которая могла бы конкурировать с другими программами в этом направлении, привнося новшества, используя преимущества конкурентов и не допуская недостатки соперников.

Ключевые слова: подозрительная активность, камеры видеонаблюдения, анализ поведения людей, безопасность, машинное обучение.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-100-110

1. Введение

Современные камеры видеонаблюдения являются незаменимым инструментом для обеспечения безопасности на объектах различного назначения: от банков и магазинов до государственных учреждений и жилых домов. Однако многие системы видеонаблюдения просто записывают видеопоток, не предоставляя информацию о подозрительных событиях. Для того, чтобы детектировать и реагировать на потенциально опасные события, требуются специализированные программы, которые могут обрабатывать видеопоток и автоматически определять подозрительную активность.

Для написания таких программ нужно знать принципы, по которым можно классифицировать человека как подозрительного, а в дальнейшем возможно и потенциально опасного.

В данной статье будут рассмотрены принципы определения подозрительной активности с точки зрения логики и человеческой психологии. Также будет исследование уже существующих решений для анализа подозрительной активности человека с помощью видеонаблюдения. В результате этого будет сформирована концепция модели программы, которая могла бы конкурировать с другими программами в этом направлении, привнося новшества, используя преимущества конкурентов и не допуская недостатки соперников.

2. Методы

Определение подозрительной активности может быть субъективным, так как каждый человек имеет свою точку зрения на окружающий мир. Согласно толковому словарю русского языка Дмитриева Д.В., подозрительным могут считаться любые действия, проявляющие недоверие или сомнения в отношении чего-то или кого-то. В зависимости от жизненного опыта и знаний человека, любая активность может быть названа подозрительной [1].

Однако в профессиях, где любая ошибка может привести к серьезным последствиям, необходимо обучать специалистов определять подозрительное поведение. Например, в аэропортах по всему миру используют систему SPOT [2], которая содержит 94 критерия подозрительного поведения, таких, как частое моргание, зевание, свист, нервный тик и другие. Это позволяет сотрудникам аэропортов задавать вопросы и проверять багаж подозрительных пассажиров, что существенно снижает количество происшествий. Таким образом, важно обучать специалистов профессионально общаться с людьми и определять подозрительное поведение, чтобы минимизировать возможность ошибок, особенно в ответственных сферах, таких, как полиция, медицина, военные и охранные службы.

Многие разработчики систем безопасности по-прежнему задаются вопросом о том, как научить машину определять подозрительное поведение. Однако уже существуют логические методы, которые успешно используются для обнаружения подозрительной активности. Изучив подозрительную активность с точки зрения логики и психологии, можно найти несколько методов определения подозрительной активности, которые будут включать в себя:

- мониторинг скопления людей;
- учет количества входящих и выходящих людей;
- поиск оставленных вещей;
- отслеживание проникновения в запретные зоны;
- распознавание бесцельного блуждания (праздношатания);
- обнаружение быстрого передвижения [3].

Эти методы являются лишь некоторыми из возможных способов определения подозрительной активности и могут использоваться в различных комбинациях, чтобы обеспечить наиболее точное обнаружение угроз.

Мониторинг скопления людей. Один из способов определения подозрительной активности - это поиск скопления людей (например, рис. 1). Такое скопление может свидетельствовать о потенциальной угрозе безопасности, поэтому многие системы безопасности используют данную функцию в своей работе. Например, ситуационная видеоаналитика «ObjectVideo» [4] от компании «Avigilon» определяет скопление людей как одновременное присутствие определенного числа людей в зоне наблюдения в течение установленного времени. При этом можно настраивать параметры сканируемой зоны, максимальное число людей и продолжительность времени, которые считаются подозрительными.



Рисунок 1. Пример подозрительного скопления людей

Однако не всегда скопление людей является признаком подозрительной активности. Например, на крупных мероприятиях или в местах с большим скоплением людей, таких, как торговые центры, это может быть обычной ситуацией. Поэтому, помимо поиска скопления людей, системы безопасности также могут использовать другие методы для определения подозрительной активности, такие, как анализ поведения и звуковые датчики. Комбинация нескольких методов может повысить точность определения подозрительных действий и помочь предотвратить возможные угрозы для безопасности.

Учет количества входящих и выходящих людей. Другим методом определения подозрительной активности является использование счетчика входящих и выходящих людей. Этот инструмент (например, рис. 2) позволяет контролировать количество объектов, проходящих через заданную линию контроля в заданных направлениях. Направление и линия контроля могут быть настроены в соответствии с требованиями безопасности. Если количество входящих и выходящих людей не совпадает, это может указывать на наличие злоумышленника внутри защищенной зоны, который либо незаконно проник туда, либо не выходит из нее.

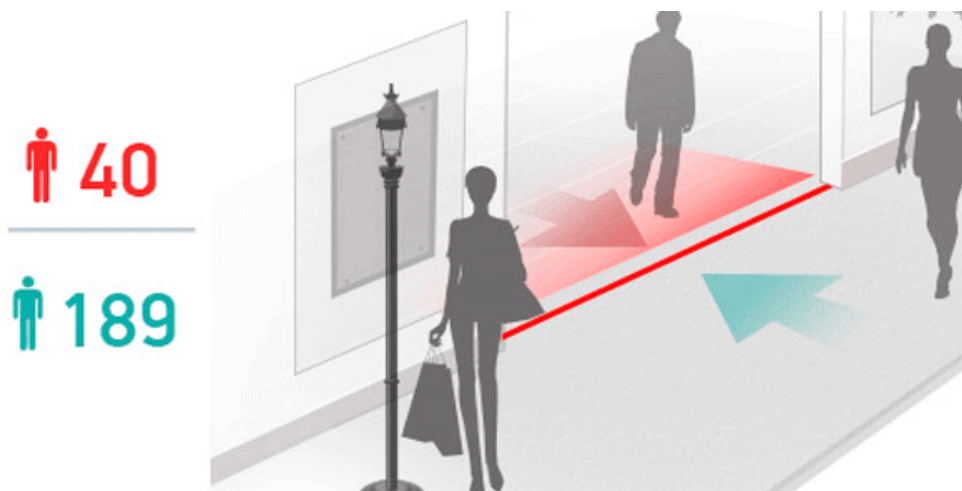


Рисунок 2. Пример счетчика входящих и выходящих людей

Поиск оставленных предметов – это еще один метод, применяемый в системах видеонаблюдения для повышения безопасности. Согласно официальному сайту компании Macroscop [5], данная функция может помочь уменьшить риски террористических актов и других опасных ситуаций, связанных с оставленными предметами. При использовании данного метода программа анализирует сканируемую зону и ищет объекты, оставленные в ней на заданный период времени. Если предмет оставлен неподвижно в течение заданного времени, система должна оповестить пользователя об этом событии. Хотя чаще всего оставленные предметы являются результатом забывчивости или потери, существует риск того, что предмет может быть опасным для окружающих. Поэтому быстрое обнаружение оставленных предметов является важным инструментом для обеспечения безопасности в общественных местах, таких, как аэропорты, транспортные узлы и другие места с большим скоплением людей.

Фиксация проникновения в запретную зону является одним из наиболее важных функций системы видеонаблюдения. В случае наличия строго охраняемой зоны, доступ в которую запрещен, метод фиксации проникновения (например, рис. 3) может стать ключевым элементом обеспечения безопасности. Согласно статье о современной видеоаналитике [6], этот метод работает следующим образом: при проникновении в запрещенную зону, размеры которой задаются пользователем, система автоматически фиксирует момент нарушения в базе данных и уведомляет администратора о произошедшем событии. Это позволяет оперативно принимать меры по предотвращению нежелательных последствий и обеспечивать максимальную безопасность.

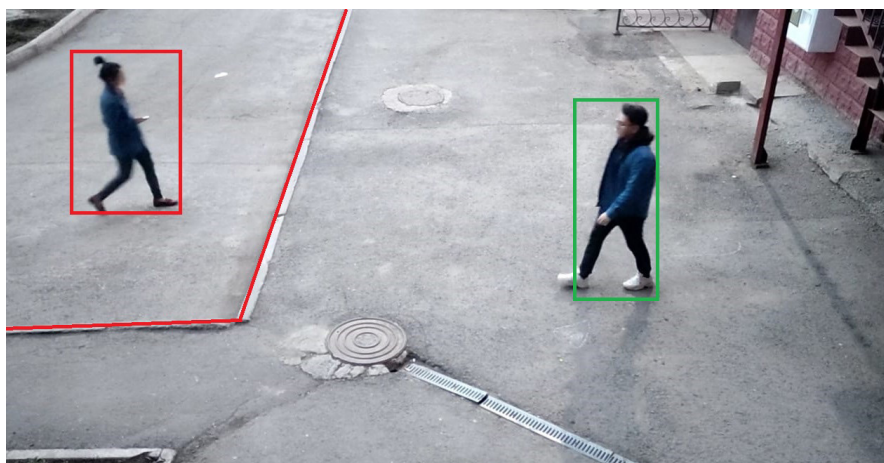


Рисунок 3. Пример проникновения в запретную зону

Определение праздношатания имеет большое значение в системах видеонаблюдения. Если сканируемая зона является защищенной, но при этом доступна для прохождения людей через нее, то метод определения праздношатания (например, рис. 4) может быть использован для повышения уровня безопасности. Он позволяет обнаруживать подозрительные действия людей, задерживающихся в контролируемой зоне на продолжительное время. Американская компания «IRISITY» [7] разработала систему видеоаналитики, которая способна определить праздношатание. Термин «праздношатание», или «Loitering» для англоязычных разработчиков, используется для обозначения нахождения человека в защищенной, но проходимой зоне на продолжительное время. Это может свидетельствовать о злоумышленных действиях или намерениях. Если человек просто проходит через защищенную зону, это не вызывает подозрений. Однако, если он задерживается в этой зоне на некоторое время, это может означать, что его действия направлены внутри этой зоны, и эти действия могут быть

потенциально опасными. Использование системы определения праздношатания может помочь увеличить эффективность мер безопасности и предотвратить возможные угрозы.



Рисунок 4. Пример определения праздношатания

Фиксирование быстрого передвижения. Хотя большинство людей ускоряют свое передвижение по различным причинам, например, спешат на работу или занимаются спортом, однако быстрое передвижение (например, рис. 5) может быть вызвано противоправными действиями, такими, как нападение, кража или скрытие с места преступления. Поэтому программное обеспечение использует метод фиксирования бега, который определяет, когда человек передвигается со скоростью выше определенного порога. Если такой случай происходит, то это событие фиксируется и отправляется уведомление администратору системы. Это позволяет оперативно реагировать на возможные противоправные действия и предотвращать их.



Рисунок 5. Пример определения бега

3. Результаты и обсуждение

Существуют программы для анализа подозрительной активности с помощью камер, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки. Для исследования были выбраны достаточно популярные программы.

Avigilon Control Center. Это программа, использующая технологию аналитики видео для обнаружения подозрительной активности [8]. АСС может определять нарушения безопасности, такие, как вторжение на территорию, проникновение в запретную зону и оставление предметов без присмотра.

Преимущества:

- Высокая точность анализа видео. Программа использует множество алгоритмов машинного обучения и компьютерного зрения, которые позволяют обнаруживать различные нарушения безопасности.

- Возможность настройки под конкретные потребности. Программа может быть настроена на определенный объект, такой, как здание, парковка или склад, что увеличивает ее эффективность и точность анализа.

- Работа в режиме реального времени. Программа обеспечивает быстрый и надежный анализ видео, что позволяет быстро реагировать на возможные угрозы безопасности.

Недостатки:

- ⊙ Высокая стоимость. Программа является одной из самых дорогих на рынке, что может быть проблемой для небольших организаций или частных лиц.

- ⊙ Высокая чувствительность к шуму и ложным срабатываниям. Программа может реагировать на нормальные действия людей, такие, как прохождение по дороге или оставление вещей на земле, что может приводить к ложным тревогам и трате времени на проверку каждого из них.

- ⊙ Ограничение на количество камер. Каждая лицензия на программу позволяет использовать только ограниченное количество камер, что может быть недостаточным для больших объектов.

Senstar Symphony. Это программа, использующая технологии машинного обучения для анализа видео и обнаружения подозрительной активности, такой, как вторжение на территорию и оставление предметов без присмотра [9].

Преимущества:

- Высокая точность анализа видео. Программа использует множество алгоритмов машинного обучения и компьютерного зрения, которые позволяют обнаруживать различные нарушения безопасности.

- Возможность настройки под конкретные потребности. Программа может быть настроена на определенный объект, такой, как здание, парковка или склад, что увеличивает ее эффективность и точность анализа.

- Возможность предупреждения о возможной опасности на основе анализа данных. Программа анализирует данные о движении и поведении людей на видео, что позволяет определять возможные угрозы и предупреждать о них заранее.

Недостатки:

- ⊙ Высокая стоимость. Программа является одной из самых дорогих на рынке, что может быть проблемой для небольших организаций или частных лиц.

- ⊙ Требовательность к аппаратному обеспечению. Для работы программы требуется высокопроизводительное оборудование, что может быть дополнительной затратой.

- ⊙ Нет возможности обработки видео в режиме реального времени. Программа требует предварительной обработки видео, что может занять время и увеличить время реакции на возможные угрозы безопасности.

Briefcam. Это программа, которая использует технологии машинного обучения для анализа видео и обнаружения подозрительной активности, такой, как изменения в окружающей среде, движения людей и автомобилей, а также оставленные предметы [10].

Преимущества:

- Возможность обработки большого объема видеоматериала за короткий промежуток времени.
- Использование технологии компьютерного зрения для обнаружения подозрительных действий.
- Поддержка работы с видео разного качества и разрешения.

Недостатки:

- ⊗ Не всегда точно определяет подозрительную активность.
- ⊗ Требуется большого количества времени и ресурсов для обучения.
- ⊗ Программа имеет высокую цену.

DeepCam. Это программа, использующая искусственный интеллект и машинное обучение для обнаружения подозрительной активности, такой, как кража или насилие. DeepCam также может обнаружить пропавших людей и предупреждать о пожарах [11].

Преимущества:

- Программа может обнаруживать определенные поведения, например, бег, падение и т.д., а также распознавать лица и автомобильные номера.
- Использование глубокого обучения (deep learning) позволяет программе обрабатывать и анализировать большое количество данных быстро и точно.
- Возможность обнаружения подозрительной активности в реальном времени.

Недостатки:

- ⊗ Программа может работать только с видео с высоким разрешением и качеством изображения, что может быть проблемой в случае использования старых камер.
- ⊗ Высокая стоимость программы.
- ⊗ Требуется мощных вычислительных ресурсов для работы.

Проанализировав множество существующих программ для анализа подозрительной активности с помощью камер видеонаблюдения, можно описать функции и характеристики, которые описали бы идеальную программу для анализа подозрительной активности. Идеальная программа должна включать в себя следующие функции и характеристики:

- Широкий спектр функций: программа должна иметь возможность обнаруживать различные виды подозрительной активности, такие, как движение, определение лиц, детектирование объектов, анализ трафика и т.д.
- Высокая точность и надежность: программа должна быть способна обеспечивать точный и надежный анализ видео, что позволяет быстро и точно определять подозрительные события.
- Работа в режиме реального времени: программа должна обеспечивать быстрый анализ видео, что позволяет быстро реагировать на возможные угрозы безопасности.
- Интеграция с другими системами безопасности: программа должна легко интегрироваться с другими системами безопасности, такими, как системы доступа и тревожной сигнализации, чтобы обеспечивать комплексную безопасность объекта.
- Дружественный интерфейс: программа должна иметь простой и понятный интерфейс, что позволяет быстро освоить ее использование и управление.
- Гибкая настройка: программа должна иметь возможность настройки под конкретные потребности пользователя, что позволяет получить наилучший результат анализа.
- Экономическая эффективность: программа должна иметь разумную цену, соответствующую ее функциональности и возможностям, и обеспечивать максимальную экономическую эффективность использования.
- Поддержка большого количества камер: программа должна позволять использовать большое количество камер, что обеспечивает широкий охват и возможность анализа различных зон на объекте.
- Облачное хранилище данных: программа должна предоставлять возможность хранения данных в облачном хранилище, что обеспечивает доступность данных и увеличивает их защищенность.

Кроме перечисленных характеристик и функций, важно также обратить внимание на следующие аспекты при выборе программы для анализа подозрительной активности:

- Система обработки данных: программа должна обеспечивать быструю и эффективную обработку данных для точного анализа видео и определения подозрительных событий.

- Система оповещения: программа должна иметь систему оповещения пользователя о подозрительных событиях, например, отправлять уведомления на мобильный телефон или электронную почту, чтобы быстро реагировать на угрозы.

- Автоматическое определение категории события: программа должна иметь возможность автоматического определения категории подозрительного события, например, различать между воровством и нападением, чтобы обеспечить точную реакцию.

- Система аналитики: программа должна иметь возможность анализировать и отслеживать поведение людей и объектов на длительном периоде времени, чтобы обнаружить повторяющиеся события и предотвратить возможные угрозы.

- Гибкость использования: программа должна быть гибкой в использовании, что позволяет ее применять на разных объектах и в разных условиях.

- Поддержка обучения программы: программа должна предоставлять возможность обучения программы на конкретные условия объекта и поведение людей, что позволяет улучшить точность анализа и определения подозрительных событий.

- Техническая поддержка: программа должна иметь хорошую техническую поддержку со стороны производителя, что обеспечивает быстрое решение возможных проблем при использовании программы.

- Внедрение искусственного интеллекта и машинного обучения: это позволит программам быстрее и точнее обнаруживать подозрительные события и даже предсказывать возможные угрозы на основе данных об аномальном поведении людей и объектов.

- Разработка мобильных приложений: разработка мобильных приложений позволит пользователям получать быстрое уведомление об подозрительных событиях и контролировать безопасность своего объекта из любой точки мира.

В целом программы для анализа подозрительной активности с помощью камер видеонаблюдения представляют собой важный инструмент для обеспечения безопасности в обществе. Каждая программа имеет свои преимущества и недостатки, которые могут влиять на их эффективность и полезность в конкретной ситуации. Поэтому важно выбирать программу, которая наилучшим образом соответствует потребностям и задачам организации.

4. Выводы

В заключение можно сказать, что использование камер видеонаблюдения и программ для анализа подозрительной активности является важным компонентом в системах обеспечения безопасности на объектах различного назначения. Современные технологии позволяют автоматически обнаруживать подозрительную активность на основе анализа видеопотока и реагировать на нее в режиме реального времени.

Однако необходимо учитывать, что любые технологии имеют свои ограничения и не могут заменить руководящий персонал в процессе обеспечения безопасности. Поэтому необходимо использовать камеры видеонаблюдения и программы для анализа подозрительной активности в сочетании с квалифицированным персоналом для достижения максимальной эффективности в обеспечении безопасности объектов.

Использование технологий для обеспечения безопасности является непрерывным процессом, который требует постоянного совершенствования и адаптации к новым угрозам и вызовам. Поэтому необходимо продолжать исследования и разработки в области программ для анализа подозрительной активности и использования камер видеонаблюдения для обеспечения безопасности объектов.

Список литературы

1. Дмитриев Д.В. Толковый словарь русского языка Дмитриева, 2003 г. - 228 с.
2. SPOT (Screening of Passengers by Observation Techniques. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dhs.gov/publication/screening-passengers-observation-techniques-spot-program#:~:text=The%20Screening%20of%20Passengers%20by,potential%20transportation%20security%20risks%20by> (дата обращения 12.12.2022).
3. Ситуационная видеоаналитика SECUROS. [Электронный ресурс]. URL: <https://iss.ru/pub/uploads/fb0506c2-89ff-4b29-93fb-219250699fc4/securos-computer-vision-overview-ru.pdf> (дата обращения 13.12.2022).
4. ObjectVideo Labs – Video Analytics and Computer Vision. [Электронный ресурс]. URL: <https://objectvideolabs.com/> (дата обращения 14.12.2022).
5. Детектор оставленных предметов Macroscop. [Электронный ресурс]. URL: <https://macroscop.com/produktu/programma-dlya-ip-kamer/detektor-ostavlennyh-predmetov> (дата обращения 13.12.2022).
6. Видеоаналитика: термины, сферы применения, технологии Video Content Analysis. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Видеоаналитика_\(термины,_сферы_применения,_технологии\)/](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Видеоаналитика_(термины,_сферы_применения,_технологии)/) (дата обращения 14.12.2022).
7. Irisity - Security beyond human intelligence. [Электронный ресурс]. URL: <https://irisity.com/> (дата обращения 15.12.2022).
8. Products - Avigilon [Электронный ресурс]. URL: <https://www.avigilon.com/products> (дата обращения 03.02.2023).
9. Senstar Symphony Common Operating Platform [Электронный ресурс]. URL: <https://senstar.com/products/video-management/senstar-symphony-common-operating-platform/> (дата обращения 10.02.2023).
10. VIDEO ANALYTICS INNOVATION UNLEASHED [Электронный ресурс] URL: <https://www.briefcam.com/> (дата обращения 13.02.2023).
11. AI Powered SmartCam [Электронный ресурс] URL: <https://wirakom.com/DeepCAM> (дата обращения 28.02.2023).

Күдікті әрекетті анықтау принциптері және бейнебақылау камераларының көмегімен күдікті әрекетті талдау бағдарламалары

А.Б. Рустемов, Б.А. Кузенбаев

А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан

Аңдатпа. Ұсынылып отырған мақалада адам логикасы мен психологиясы тұрғысынан күдікті әрекетті анықтау принциптері талқыланады, сондай-ақ бейнебақылау камералары арқылы күдікті әрекетті талдауға арналған қолданыстағы бағдарламалар зерттеледі. Адамдардың көп жиналуы, жылдам қозғалуы, қорғалатын аумаққа және қараусыз қалған заттарға ену сияқты күдікті әрекеттің негізгі түрлері, сондай-ақ оларды анықтауға болатын әдістер мен құралдар қарастырылады. Қолданыстағы бағдарламаларды зерделеу бейнебақылау арқылы күдікті әрекеттерді талдауға арналған танымал бағдарламалардың артықшылықтары мен кемшіліктеріне тоқталады, соның ішінде осы бағытта басқа бағдарламалармен бәсекелесе алатын бағдарлама тұжырымдамасын талқылау, инновацияларды енгізу, бәсекелестердің артықшылықтарын пайдалану және оларды болдырмау. бәсекелестердің кемшіліктері.

Түйін сөздер: күдікті әрекет, бейнебақылау камералары, адам мінез-құлқын талдау, қауіпсіздік, машиналық оқыту.

Principles for detecting suspicious activity and programs for analyzing suspicious activity using CCTV cameras

A. Rustemov, B. Kuzenbaev

A. Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan

Abstract. The proposed article discusses the principles of detecting suspicious activity from the point of view of human logic and psychology, and also explores existing programs for analyzing suspicious activity using CCTV cameras. The main types of suspicious activity are considered, such as crowding, fast movement, penetration into a protected area and things left unattended, as well as methods and tools that can be used to detect them. The study of existing programs touches on the advantages and disadvantages of popular programs for analyzing suspicious activity through video surveillance, including discussing the concept of a program that could compete with other programs in this direction, introducing innovations, using the advantages of competitors and avoiding the disadvantages of rivals.

Keywords: suspicious activity, video surveillance cameras, human behavior analysis, security, machine learning.

References

1. Dmitriev D.V. Explanatory dictionary of the Russian language Dmitriev, 2003, - 228 p.
2. SPOT (Screening of Passengers by Observation Techniques). [Electronic resource]. URL: <https://www.dhs.gov/publication/screening-passengers-observation-techniques-spot-program#:~:text=The%20Screening%20of%20Passengers%20by,potential%20transportation%20security%20risks%20by> (accessed 12/12/2022)
3. Situational video analytics SECUIROS. [Electronic resource]. URL: <https://iss.ru/pub/uploads/fb0506c2-89ff-4b29-93fb-219250699fc4/secuiros-computer-vision-overview-ru.pdf> (Accessed 13.12.2022)
4. ObjectVideo Labs - Video Analytics and Computer Vision. [Electronic resource]. URL: <https://objectvideolabs.com/> (accessed 12/14/2022)
5. Detector of abandoned objects Macroscop. [Electronic resource]. URL: <https://macroscop.com/produkty/programma-dlya-ip-kamer/detektor-ostavlennyh-predmetov> (accessed 12/13/2022)
6. Video analytics terms, scopes, technologies Video Content Analysis. [Electronic resource]. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Article:Video_analytics_\(terms,_fields_of_application,_technologies\)/](https://www.tadviser.ru/index.php/Article:Video_analytics_(terms,_fields_of_application,_technologies)) (accessed 12/14/2022)
7. Irisity - Security beyond human intelligence. [Electronic resource]. URL: <https://irisity.com/> (accessed 12/15/2022)
8. Products - Avigilon [Electronic resource]. URL: <https://www.avigilon.com/products> (accessed 02/03/2023)
9. Senstar Symphony Common Operating Platform [Electronic resource]. URL: <https://senstar.com/products/video-management/senstar-symphony-common-operating-platform/> (accessed February 10, 2023)
10. VIDEO ANALYTICS INNOVATION UNLEASHED [Electronic resource] URL: <https://www.briefcam.com/> (accessed 02/13/2023)
11. AI Powered SmartCam [Electronic resource] URL: <https://wirakom.com/DeepCAM> (accessed 02/28/2023)

Сведения об авторах:

А.Б. Рустемов – магистрант, Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, ул. Абая, 28, Костанай, Казахстан.

Б.А. Кузенбаев – PhD, заведующий кафедрой, Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, ул. Абая, 28, Костанай, Казахстан.

А.Б. Рустемов – магистрант, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Абай көш., 28, Қостанай, Қазақстан.

Кузенбаев Б.А. – PhD докторы, кафедрасының меңгерушісі, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Абай көш., 28, Қостанай, Қазақстан.

Rustemov A. B. – master’s student, A.Baitursynov Kostanay Regional University, 28 Abay str., Kostanay, Kazakhstan.

Kuzenbaev B.A. – PhD, Head of the Department, A.Baitursynov Kostanay Regional University, 28 Abay str., Kostanay, Kazakhstan.

К.Б. Кадыракунов¹, А.К. Нурмагамбетова^{1*},
К.А. Жолшиева¹, Л.Б. Изанова²

¹Международный инженерно-технологический университет,
Алматы, Казахстан

²Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан

E-mail: ccb54@mail.ru¹, *aiko_nya@mail.ru², kunsulu.zholshieva@gmail.com³,
dabylova.laura@mail.ru⁴

Разработка автоматизированной системы управления конвейерной линии на теплоэнергетических объектах

Аннотация. В статье решаются задачи выбора и разработки технических и программных средств системы управления технологических установок теплоэнергетических объектов. Проведен анализ технических систем и технологических процессов как объектов контроля и управления, анализ технологических характеристик объекта автоматизации, выбор технических средств автоматизации, разработана функциональная схема автоматизации котлоагрегата, логическая схема алгоритмов конвейерных установок, функциональная схема автоматизации конвейерной установки, определены принципы технической реализации систем логического управления на базе промышленных контроллеров и инструментальной системы ISAGRAF. Разработана схема управления конвейерными установками в функции тока скорости и времени. Модернизация системы управления конвейерной установкой на ПЛК.

Ключевые слова: конвейерная установка, релейно-контактная схема, тахогенератор, автоматизация, сигнализация, функциональная схема, пускатель.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-111-121

Введение

В структуре системы управления технологическим процессом теплоэлектроцентрали одно из первоначальных подсистем представляет конвейерная линия, необходимая для транспортировки угля от сборочных участков до бункеров котельного цеха или на открытый склад хранения угля. Практика показала, что релейно-контактная схема автоматики устарела. Существует несколько способов автоматического пуска конвейерных двигателей: по изменению времени пуска за счет изменения величины пускового тока, за счет изменения величины пускового напряжения, с использованием реле скорости и другие. Первые три способа основаны на принципе электрической блокировки. Но в этом невозможен контроль режимов работ отдельных узлов, электродвигателей и механизмов конвейера, что является недостатком этих способов.

Основная часть

Наиболее оптимальным является способ пуска с помощью реле скорости, основанный на принципе электромеханической блокировки. При этом нарушения в режиме работы конвейера, имеющие механическую или электрическую природу, приводят так

Таблица 1. Параметры функциональной схемы

Наименование физико-технической величины и операции	Диапазон измерения	Наименование прибора или устройства	Код в схеме автоматической установки	
Скорость вращения	(0...80) Рад/с	Тахогенератор	SR/1-1	
		Тахогенератор	SR/1-2	
Температура подшипников	(18...120) °С	Термоэлектрический преобразователь	TS/2-1	
		Показывающий термометр	ТI/2-2	
Сигнализация и контроль управления электродвигателем	Напряжение на статоре двигателя 0, 380 В	0-80	Вольтметр	ES/25-1
			Тахогенератор	EI/25-1
Наличие груза на конвейере	Логический сигнал: да, нет	0-80	Тахогенератор	GS/25-1
			Тахогенератор	GA/25-1
Температура подшипников	°С	0-80	Тахогенератор	TS/25-1
			Тахогенератор	ТI/25-1
Управление двигателем	Логический сигнал: да, нет	0-стоп; 1-пуск	Магнитный пускатель	NS/30-6

Существует релейно-контактная схема управления пуском и остановкой конвейерной линии в функции скорости, времени и тока.

При использовании данного метода; автоматика отслеживает перегрузочные режимы так, как в цепь статора установлены реле максимального тока и тепловое реле. При запуске двигателя в момент пуска возникает большой пусковой ток, на который настраивается реле тока, при превышении величины тока реле срабатывает и размыкает свой контакт в цепи следующего магнитного пускателя, если запуск нормальный, то реле остается в рабочем состоянии.

Ниже приводится схема управления конвейерными линиями по скорости, времени и току (рисунок 2), которая в последующем модернизирована с использованием промышленных логических контроллеров [4].

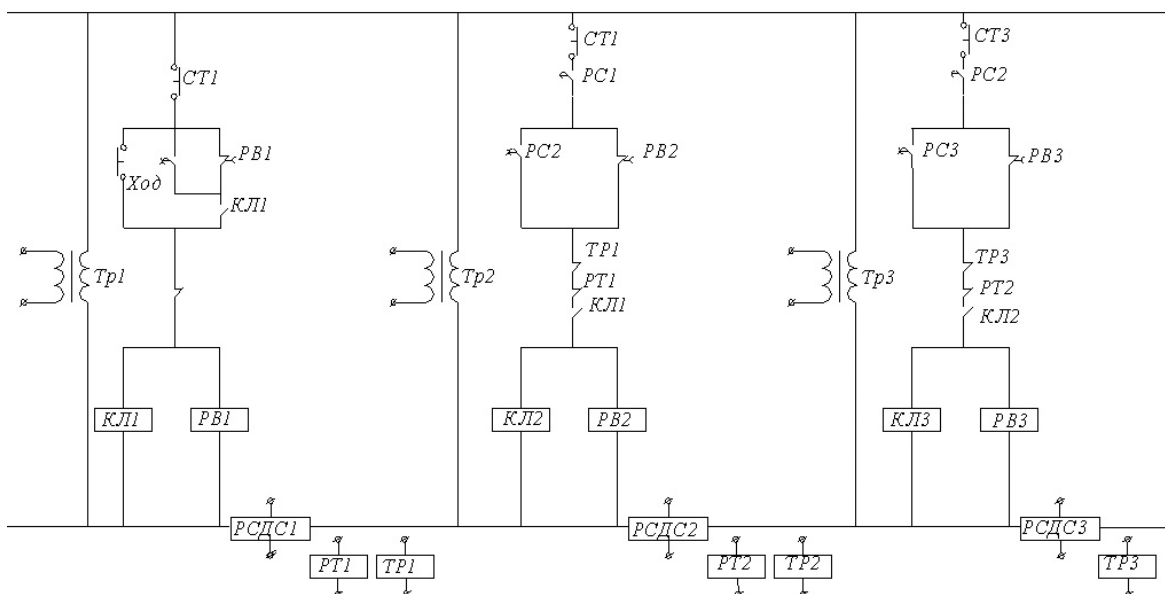


Рисунок 2. Схема пуска по скорости, времени и току с защитой статорных обмоток от перегрева

Пуск конвейерной установки (рисунок 2) осуществляется нажатием кнопки “Ход”, при этом получает питание контактор КЛ1 и реле времени РВ1. При срабатывании контактора КЛ1 срабатывает его замыкающий контакт, шунтируя кнопку “Ход”, при этом отпадает необходимость в ее дальнейшем удерживании, также происходит замыкание контакта КЛ1 в цепи следующего магнитного пускателя. В это время размыкающий контакт РВ1 остается замкнутым в течение времени, необходимого для срабатывания контакта РВ1[3].

За это время скорость тягового механизма должно возрасти до скорости составляющей ~ 75% от номинальной. Эта операция осуществляется при использовании реле с датчиком скорости РСДС. Если конвейер ленточный, то в качестве датчика скорости используется тахогенератор. Напряжение тахогенератора подается на реле датчика скорости, которое, в свою очередь, настраивается на срабатывание при величине равной 75% от номинальной скорости. За время, пока размыкающий контакт РВ1 остается замкнутым, срабатывает замыкающее – размыкающий контакт РС1 в цепи первого и второго магнитного пускателя. Аналогично осуществляется пуск последующих тяговых органов конвейерной установки.

Остановка конвейерной линии осуществляется нажатием одной из кнопок СТ1, СТ2 или СТ3, которые обесточивают схему и возвращают ее в первоначальное состояние.

Система автоматизации должна обеспечивать следующее:

- 1) обеспечение автозапуска конвейеров, образующих линию в порядке, обратном направлению грузопотока, отключение должно производиться в обратной последовательности;
- 2) автоматическую подачу отчетливого сигнала, длительностью не менее 5 секунд, сигнал должен подаваться при запуске 1 конвейера;
- 3) включение каждой последующей конвейерной линии после установления рабочей скорости конвейера;
- 4) оперативное отключение линии с пульта управления;
- 5) экстренное прекращение пуска и экстренную остановку любого конвейера линии из любой точки по его длине;
- 6) автоматическое одновременное отключение всех конвейеров, транспортирующих груз на остановившийся конвейер;
- 7) пуск любого маршрута с центрального пульта управления без отключения конвейеров центрального направления, входящих в рабочий маршрут.

По релейно-контактной схеме составим блок-схему алгоритма технологического процесса пуска конвейерной линии (рисунок 3) [2]. Графы пуска конвейеров №1 и №2 по времени, току, скорости с защитой статорных обмоток от перегрева представлены на рисунке 4.

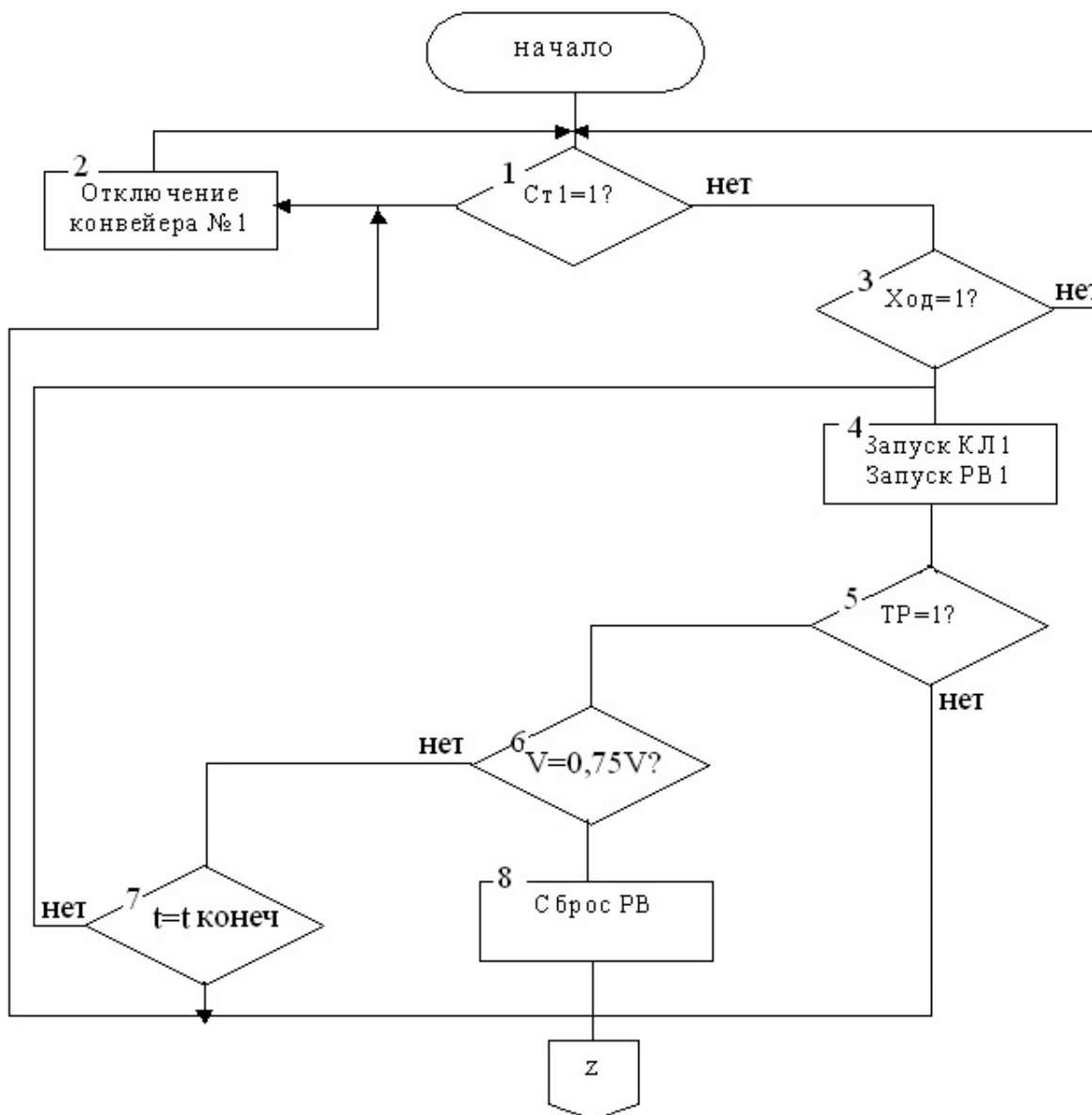


Рисунок 3. Схема алгоритма технологического процесса запуска конвейеров по скорости, времени и току с защитой статорных обмоток от перегрева

В таблице 2 приводятся обозначения элементов блок-схемы.

Таблица 2. Обозначения элементов блок-схемы

Техническая операция блока автоматики	Наименование графа
Начало	Y ₀
Запуск КЛ1 и запуск РВ1	Y ₁
Отключение конвейера №1	Y ₂
Сброс РВ1	Y ₃
Запуск КЛ2 и запуск РВ2	Y ₄
Отключение конвейера №2, №1	Y ₅
Сброс РВ2	Y ₆

Ст1=1	X_1
Ход1=1	X_2
ТР1=1	X_3
V=75% (конвейер №1)	X_4
t= tконеч (конвейер №1)	X_5
Ст2=1	X_6
РС1=1	X_7
ТР2=1	X_8
РТ1=1	X_9
КЛ1=1	X_{10}
V=75% (конвейер №2)	X_{11}
t= tконеч (конвейер №2)	X_{12}

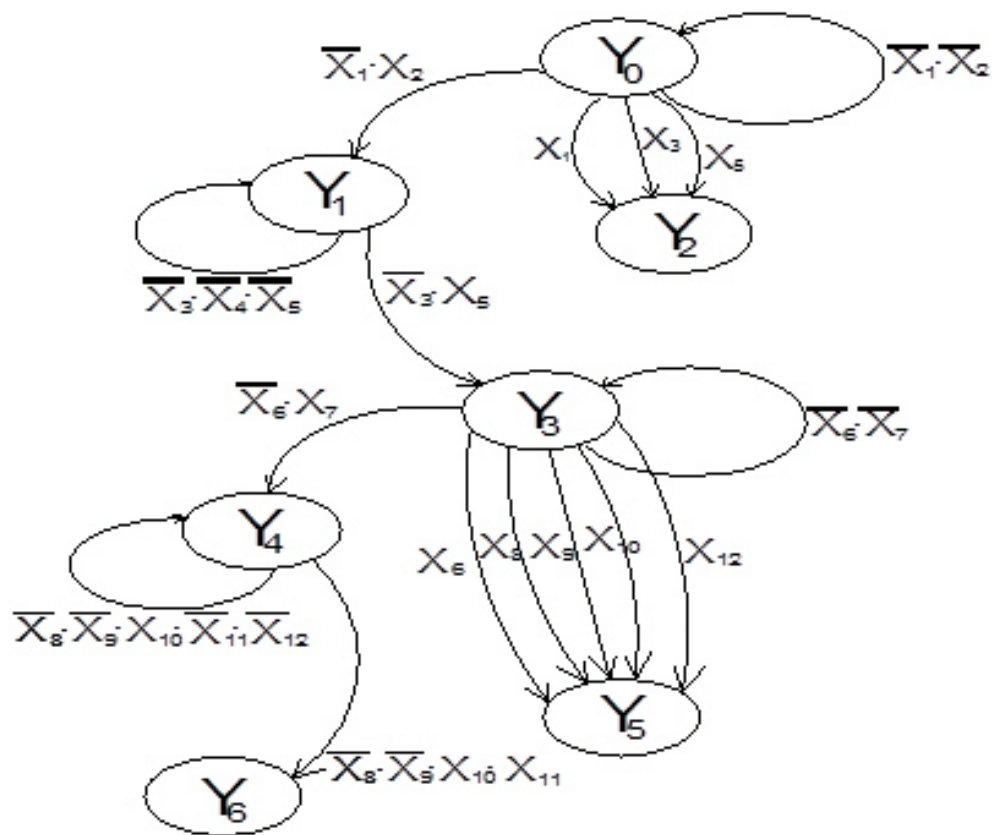


Рисунок 4. Графы пуска конвейеров №1 и №2 по времени, току, скорости с защитой статорных обмоток от перегрева

Составим логические уравнения, описывающие начальный процесс перехода в рабочий режим силовых контакторов КЛ1, КЛ2, КЛ3 и реле времени РВ1, РВ2, РВ3, с учетом обозначения логических сигналов, представленных в таблице 3[5].

Таблица 3. Перевод физических сигналов в логические аналоги

Физическо-технический процесс	Логический аналог
Ход – кнопка пуска	$0x_1$
Ст1, Ст2, Ст2– кнопка остановки	$0_1, 0_2, 0_3$
РС1 – замыкающее – размыкающий контакт	$c_1(t_1, t_2)$
РВ1 – размыкающий контакт реле времени	$\bar{x}_2(t)$
РСДС1, РСДС2, РСДС3– реле датчика скорости	C_1, C_2, C_3
КЛ1, КЛ2 – силовой контакт	x_1, x_2
РТ1, РТ2 – реле тока	B_1, B_2
ТР1, ТР2, ТР3 – реле защиты статорных обмоток от перегрева	A_1, A_2, A_3
РС1 – размыкающий контакт, в цепи РСДС2	$c_1(t)$
РВ1, РВ2, РВ3	X_2, X_4, X_6
КЛ1, КЛ2, КЛ3	X_1, X_3, X_5
РС2 – замыкающее – размыкающий контакт	$c_2(t_1, t_2)$
РС2 – размыкающий контакт, в цепи РСДС3	$c_2(t)$
РС3 – замыкающее – размыкающий контакт	$c_3(t_1, t_2)$

Таким образом, согласно таблице 3, запишем логическое уравнение:

$$X_1 = 0_1 [0x_1 + (c_1(t_1, t_2) + \bar{x}_2(t)) \cdot x_1] \cdot \bar{a}_1, \quad (1)$$

$$X_3 = 0_2 \cdot c_1(t) \cdot (c_2(t_1, t_2) + \bar{x}_4(t)) \cdot \bar{a}_2 \cdot \bar{b}_1 \cdot x_1, \quad (2)$$

$$X_5 = 0_3 \cdot c_2(t) \cdot (c_3(t_1, t_2) + \bar{x}_6(t)) \cdot \bar{a}_3 \cdot \bar{b}_2 \cdot x_2, \quad (3)$$

$$X_2 = 0_1 [0x_1 + (c_1(t_1, t_2) + \bar{x}_2(t)) \cdot x_1] \cdot \bar{a}_1, \quad (4)$$

$$X_4 = 0_2 \cdot c_1(t) \cdot (c_2(t_1, t_2) + \bar{x}_4(t)) \cdot \bar{a}_2 \cdot \bar{b}_1 \cdot x_1, \quad (5)$$

$$X_6 = 0_3 \cdot c_2(t) \cdot (c_3(t_1, t_2) + \bar{x}_6(t)) \cdot \bar{a}_3 \cdot \bar{b}_2 \cdot x_2. \quad (6)$$

Полученные логические выражения формализованы в рамках контроллера PIC PC или контроллера, использующего инструментальную систему ISAGRAF, а общая схема представлена на рисунке 5.

Вместо реле в этом языке используются функциональные блоки, по внешнему виду - микросхемы. Алгоритм работы некоторого устройства на этом языке выглядит как функциональная схема электронного устройства: элементы типа «логическое И», «логическое ИЛИ» и т.п., соединенные линиями.

Сигналы с датчиков тока и скорости поступают напрямую на плату ХА18 (плата с аналоговыми входами), для управления используются платы ХВ18 (плата для работы с дискретными входами) и ХВО8 (плата для работы с дискретными выходами), рисунки 6-8.

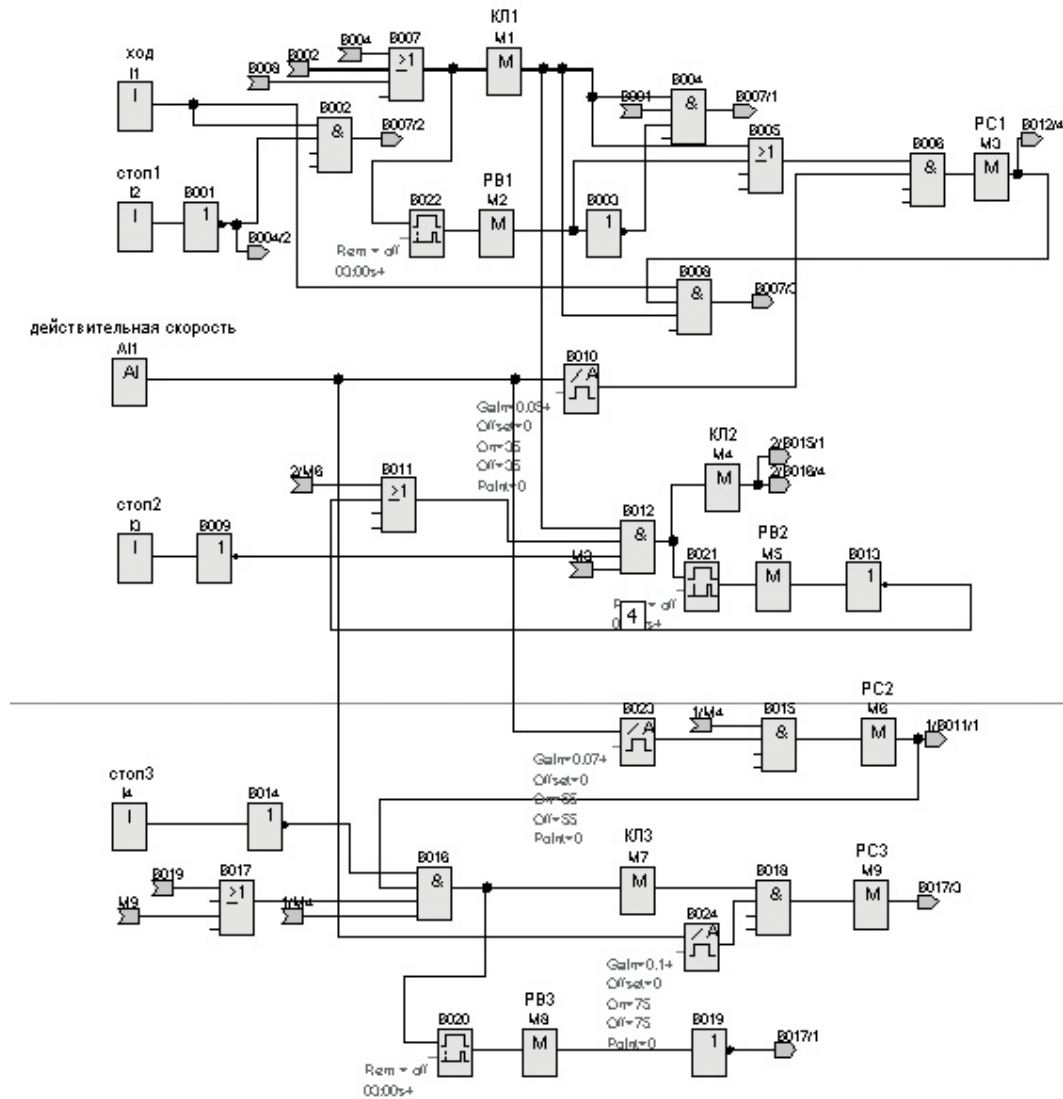


Рисунок 5. Схема управления конвейерной линии в функции тока, скорости и времени на базе ПЛК LOGO

Данная схема позволяет блокировку, защищающую двигатель от повторного запуска неисправного конвейера и блокировку, предотвращающую пуск любого конвейера с центрального пульта в момент, когда конвейер работает в режиме местного управления.

Имя	Атриб.	Адр.	Комментарий
MainPower	[вход]	0000	Включение питания всей цепи
GO	[вход]	0000	Ход
STOP1	[вход]	0000	Отключение 1 блока
STOP2	[вход]	0000	Отключение 2 блока
STOP3	[вход]	0000	Отключение 3 блока
Work1	[выход]	0000	1 блок работает
Work2	[выход]	0000	2 блок работает
Work3	[выход]	0000	3 блок работает

Рисунок 6. Глобальные булевские переменные (с ними работают платы XBI8 и XBO8) в среде ISaGRAF

Имя	Атриб.	Адр.	Комментарий
Cur1	[вход.целая]	0000	Реле тока 1
Cur2	[вход.целая]	0000	Реле тока 2
Cur3	[вход.целая]	0000	Реле тока 3
SPEED1	[вход.целая]	0000	Реле скорости 1
SPEED2	[вход.целая]	0000	Реле скорости 2
SPEED3	[вход.целая]	0000	Реле скорости 3
Temp1	[вход.целая]	0000	Реле тепловой защиты
Temp2	[вход.целая]	0000	Реле тепловой защиты
Temp3	[вход.целая]	0000	Реле тепловой защиты

Рисунок 7. Глобальные целые переменные (с ними работают платы XAI8) в среде ISaGRAF

Имя	Атриб.	Адр.	Комментарий
Time1	[внутренняя]	0000	реле времени 1
Time2	[внутренняя]	0000	реле времени 2
Time3	[внутренняя]	0000	реле времени 3
KL1	[внутренняя]	0000	КЛ1
KL2	[внутренняя]	0000	КЛ2
KL3	[внутренняя]	0000	КЛ3
x1	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x11	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x12	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x2	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x21	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x22	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x31	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x32	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная
x3	[внутренняя]	0000	Вспомогательная переменная

Рисунок 8. Локальные переменные в среде ISaGRAF

Заключение

В процессе написании статьи были проведены исследования объекта автоматизации контроля, в процессе анализа было установлено, что применяющаяся на теплоэнергетических объектах контактно-релейная схема конвейерной установки устарела.

Был сделан анализ технических систем и технологических процессов как объектов контроля и управления, анализ технологических характеристик объекта автоматизации, выбор технических средств автоматизации.

Разработана функциональная схема автоматизации котлоагрегата, логическая схема алгоритмов конвейерных установок, функциональная схема автоматизации конвейерной установки, определены принципы технической реализации систем логического управления на базе промышленных контроллеров и инструментальной системы ISaGRAF.

Разработана схема управления конвейерными установками в функции тока скорости и времени.

Обеспечение необходимого качества автоматического регулирования технологического процесса путем оптимального контроля и управления технологическим процессом позволит значительно снизить количество аварийных ситуаций.

Список литературы

1. Боровикова А.П., Маренич К.Н. Разработка и исследование системы автоматического управления грузкой магистральной конвейерной линии – Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых: сборник научных трудов XVII научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 24-25 мая 2017 г. – Донецк: ДонНТУ, 2017. – 409 с.
2. Бойко Е.А. Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Е.А. Бойко, И.С. Деринг, С.А. Михайленко / Красноярск: Сибирский федеральный университет. – 2-е изд., расширен. и перераб. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 606 с.
3. V.Ya. Sergeyev, V.V. Yurchenko, S.Zh. Ayzhambayeva, G.V. Vavilova, M.N. Belik, S.G. Serebryakov. «Researches of air and fuel rate influence on oxygen level in emissions of new type medium power coal boiler». Великобритания, «IOP Conference Series: Materials Science and Engineering», V. 457, 2018.
4. Фешин Б.Н. Системы управления и контроля автоматизированных технологических комплексов: Учебное пособие. Часть 1 / Б.Н. Фешин. Карагандинский государственный технический университет. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2016. – 103 с.
5. Фешин Б.Н. Системы управления и контроля автоматизированных технологических комплексов: Учебное пособие. Часть 2 / Б.Н. Фешин. Карагандинский государственный технический университет. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2016. – 112 с.

К.Б. Кадыракунов¹, А.К. Нурмагамбетова¹, К.А. Жолшиева¹, Л.Б. Изанова²

¹Халықаралық инженерлік – технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

²Л.Н. Гумилев атындағы Евразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Жылу энергетикалық объектілерінде конвейерлік желіні басқарудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу

Аңдатпа. Мақалада жылу энергетикалық объектілердің технологиялық қондырғыларын басқару жүйесінің техникалық және бағдарламалық құралдарын таңдау және әзірлеу міндеттері шешіледі. Техникалық жүйелер мен технологиялық процестерді бақылау және басқару объектілері ретінде талдау, автоматтандыру объектісінің технологиялық сипаттамаларын талдау, автоматтандырудың техникалық құралдарын таңдау, қазандық агрегаттың автоматтандырудың функционалдық схемасы, конвейерлік қондырғылар алгоритмдерінің логикалық сұлбасы, конвейерлік қондырғыны автоматтандырудың функционалдық сұлбасы жасалды, өнеркәсіптік контроллерлер мен ISaGRAF аспаптық жүйесі негізінде логикалық басқару жүйелерін техникалық іске асыру принциптері анықталды. Жылдамдық пен уақыт тоғы функциясында конвейер қондырғыларын басқару сұлбасы жасалды. Конвейерлік қондырғыны басқару жүйесін бағдарламаланатын логикалық контроллерге орнату арқылы жаңарту.

Түйінді сөздер: конвейерлік қондырғы, релелік-контактілі сұлба, тахогенератор, автоматтандыру, дабыл, функционалдық сұлба, іске қосқыш.

K. Kadyrakunov¹, A. Nurmagambetova¹, K. Zholshieva¹, L. Izanova²

¹International Engineering and Technology University, Almaty, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Development of an automated control system of a conveyor line at heat/thermal power facilities

Abstract. The article solves the problems of selecting and developing technical and software tools of the control system in technological installations of power facilities. The analysis of technical systems and technological processes as objects of control and management, the analysis of the technological characteristics of the automation object, the choice of technical automation, has been developed a functional diagram of the automation of the boiler unit, the logical scheme of algorithms of conveyor installations, the

functional scheme of automation of the conveyor installation, the principles of technical implementation of logical control systems based on industrial controllers and ISAGRAF tool system are determined. A control scheme for conveyor installations has been developed as a function of current speed and time. Modernization of the control system of the conveyor installation on the PLC.

Keywords: conveyor installation, relay-contact circuit, tachogenerator, automation, alarm system functional diagram or circuit, starter.

References

1. Borovikova A.P., Marenich K.N. Development and research of an automatic control system for loading the main conveyor line - Automation of technological objects and processes. Search for young people: a collection of scientific papers of the XVII scientific and technical conference of graduate students and students in Donetsk on May 24-25, 2017 - Donetsk: DonNTU, 2017. - 409 p.
2. Boyko E.A. Boiler plants and steam generators: textbook / E.A. Boyko, I.S. Dering, S.A. Mikhailenko / Krasnoyarsk: Siberian Federal University. – 2nd ed., expanded. and reworked. - Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2009. - 606 p.
3. V.Ya. Sergeev, V.V. Yurchenko, S.Zh. Ayzhambayeva, G.V. Vavilova, M.N. Belik, S.G. Serebryakov. «Researches of air and fuel rate influence on oxygen level in emissions of new type medium power coal boiler». Великобритания, «IOP Conference Series: Materials Science and Engineering», V. 457, 2018.
4. Feshin B.N. Systems of control and monitoring of an automated technological complexes: Textbook. Part 1 / B.N. Feshin. Karaganda State Technical University. - Karaganda: Publishing House of KSTU, 2016. - 103 p.
5. Feshin B.N. Systems of control and monitoring of an automated technological complexes: Textbook. Part 2 / B.N. Feshin. Karaganda State Technical University. – Karaganda: Publishing house of KarSTU, 2016. – 112 p.

Сведения об авторах:

К.Б. Кадыракунов – кандидат физико-математических наук, старший преподаватель, Международный инженерно-технологический университет, пр. Аль-Фараби, 89/21, Алматы, Казахстан.

А.К. Нурмагамбетова – магистр технических наук, лектор, Международный инженерно-технологический университет, пр. Аль-Фараби, 89/21, Алматы, Казахстан.

К.А. Жолшиева – магистр технических наук, лектор, Международный инженерно-технологический университет, пр. Аль-Фараби, 89/21, Алматы, Казахстан.

Л.Б. Изанова – магистр технических наук, старший преподаватель, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

К.Б. Кадыракунов – физика-математика ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Әл-Фараби даң., 89/21, Алматы, Қазақстан.

А.К. Нурмагамбетова – техника ғылымдарының магистрі, лектор, Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Әл-Фараби даң., 89/21, Алматы, Қазақстан.

К.А. Жолшиева – техника ғылымдарының магистрі, лектор, Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Әл-Фараби даң., 89/21, Алматы, Қазақстан.

Л.Б. Изанова – техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтбаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

K. Kadyrakunov – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Lecturer, International Engineering and Technology University, 89/21 Al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan.

A. Nurmagambetova – Master of Technical Sciences, Lecturer, International Engineering and Technology University, 89/21 Al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan.

K. Zholshieva – Master of Technical Sciences, Lecturer, International Engineering and Technology University, 89/21 Al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan.

L. Izanova – Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Г.С. Жетесова, Н.А. Савельева*, Т.Ю. Никонова,
В.В. Юрченко, А.А. Берг

Карагандинский технический университет им. А. Сагиновой,
Караганда, Казахстан
E-mail: * n.a.savelyeva@gmail.com

Разработка программного модуля для технологической подготовки производства единичных и мелкосерийных машиностроительных предприятий

Аннотация. В данной статье авторами представлен новый подход к оптимизации работы с помощью уменьшения трудозатрат на проектирование технологического процесса производства и полностью автоматическое составление сопутствующей документации в условиях единичного и мелкосерийного производства. Одним из вариантов решения построения эффективного мелкосерийного и единичного производства заключается в использовании автоматизации на разных уровнях производства, что соответствует парадигме Индустрии 4.0. Проблемным местом в организации мелкосерийного производства является время технологической подготовки производства и составление соответствующей документации. В ходе научной работы были реализованы алгоритмы формализации технологического маршрута производства, разработаны средства автоматической генерации технологического процесса производства, в том числе расчет диапазона значений стоимости и времени работы для отдельных методов обработки и целых технологических маршрутов и составление операционных карт для производства.

Ключевые слова: автоматизация производственных процессов, индустрия 4.0., формализация технологических процессов, технологическая подготовка производства.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-122-133

1. Введение

Четвертая индустриальная революция, более известная как «Индустрия 4.0», получила свое название в 2011 году в рамках государственной стратегии развития экономики Германии путем создания автоматизированных, цифровых производств. Термин «Индустрия 4.0» подразумевает, что руководители предприятия не просто переосмысливают принцип конвейерной сборки, но и активно создают сеть машин, способных не только производить товары, но автономно изменять шаблоны производства в соответствии с новыми требованиями, не нанося вред эффективности [1].

1. Залогом успешной цифровизации Казахстана являются цифровые технологии в машиностроении – одном из наиболее сложных диверсифицированных сегментов промышленности. Трансформация деятельности машиностроительных предприятий обуславливает концепцию их цифровизации, заключающуюся в рациональном сочетании лучшего отечественного и зарубежного опыта функционирования предприятий и проектных организаций машиностроительного профиля. Цифровые технологии являются неотъемлемым элементом деятельности промышленных предприятий Казахстана, сохранения их интеллектуальной собственности. Посредством интегрирования

производственных процессов, оперирования большими данными и мониторинга всех производственных цепочек в регламенте онлайн можно повысить производительность в 2–5 раз, снизить операционные издержки в среднем на 20%. Достижению высоких результатов во многом способствуют прогресс информационных и производственных технологий, «Интернета вещей» и аналитики данных, освоение систем, базирующихся на искусственном интеллекте [2].

В рамках развития данных направлений толчок к развитию и внедрению получили промышленный интернет вещей (IIoT) и сети с сетевым управлением (СЦУ). Принцип работы подобных технологий заключается в следующем: с установленного оборудования (датчиков, исполнительных механизмов, человеко-машинных интерфейсов) осуществляется сбор информации, которая впоследствии позволяет компании приобрести актуальные и точные данные о состоянии предприятия. Полученная информация распространяется во все отделы, что помогает синхронизировать взаимодействие между сотрудниками. Собранные данные могут быть использованы для минимизации простоев, затрат, избыточного износа оборудования и инструмента [3].

Проблемным местом в работе мелкосерийного производства является время технологической подготовки производства и составление соответствующей документации.

В данной статье представлен подход к оптимизации работы с помощью уменьшения трудозатрат на проектирование технологического процесса производства и полностью автоматическое составление сопутствующей документации.

В ходе работы были реализованы алгоритмы формализации технологического маршрута производства, разработаны средства автоматической генерации технологического процесса производства, в том числе расчет диапазона значений стоимости и времени работы для отдельных методов обработки и целых технологических маршрутов и составление операционных карт для производства.

Принцип работы технологии заключается в следующем: с установленного оборудования (датчиков, исполнительных механизмов, человеко-машинных интерфейсов) осуществляется сбор информации, которая впоследствии позволяет компании приобрести актуальные и точные данные о состоянии предприятия. Полученная информация распространяется во все отделы, что помогает синхронизировать взаимодействие между сотрудниками. Собранные данные могут быть использованы для минимизации простоев, затрат, избыточного износа оборудования и инструмента [4].

Жизненный цикл изделия, производимого предприятием, делится на несколько этапов. Начинается всё со стадии НИР, в ходе которой проводятся работы поискового, теоретического и экспериментального характера, выполняемые с целью определения возможности создания новой продукции в определенные сроки. На стадии ОКР, одобренные в процессе НИР идеи, воплощаются в конструкторской и технологической документации на опытный образец, параллельно с этим производится конструкторская (КПП), технологическая (ТПП) и организационная подготовка производства и отработка конструкторских и технологических решений в опытно-экземплярном КПП – это совокупность процессов и работ, направленных на освоение новой конструкторской документации для серийного производства новой или усовершенствование старой продукции [5]. Данный процесс происходит в соответствии с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД), в которой определены основные стадии КПП.

Характерной особенностью мелкосерийного или единичного производства является обширная номенклатура производимого продукта. Данный факт влечет за собой ряд проблем, которые усложняют автоматизацию. Ввиду наличия большого разнообразия продукции, порядка и способов обработки участки производства строятся по технологическому принципу, в каждом из них находится оборудование одной группы. Во время производства детали проходят через различные маршруты по участкам обработки, что означает отсутствие устойчивого технологического процесса и требует дополнительного планирования маршрута производства, контроля качества обработки и контроля

продвижения детали по операциям. Поскольку в единичном производстве производимые заказы могут отличаться, то разработка детального ТПП занимает длительное количество времени или вообще не производится. Как правило, устанавливаются межцеховые технологические маршруты с указанием групп необходимого оборудования. Данный подход организации процесса затрудняет нахождение рационального построения логистики на предприятии. Использование универсального оборудования и инструмента, которое может требовать больше времени для перехода на новый ТП и подразумевает наличие высококвалифицированного персонала.

Специфика единичного и мелкосерийного производства приводит к нерациональному использованию материалов и инструмента. Изготовление специальной оснастки для уменьшения припусков на механическую обработку экономически невыгодно, поэтому на обработку заготовки приходят со значительными припусками, что приводит к увеличению количества отходов производства и снижению коэффициента использования материалов. Из-за сложности планирования производства и отсутствия объективной статистики за предыдущие периоды возникают проблемы материально-технического снабжения. Широкая номенклатура изготавливаемой продукции делает процесс планирования снабжения предприятия очень сложным, из-за чего на предприятии накапливаются большие запасы материала и инструмента, что замораживает оборотные средства.

ТПП - длительный и сложный процесс, подразумевающий унификацию изготовления изделий, и данный подход эффективен для серийного производства, в котором на подготовку тратится значительное количество времени. Для единичного или мелкосерийного производства такой подход не эффективен, так как существенно задерживает выпуск продукции [6].

Таким образом, целью данной работы является разработка возможности снижения затрат путем снижения времени на ТПП единичных и мелкосерийных производств. Однако нужно учесть, что попытки уменьшить время на выполнение заказа за счет уменьшения качества и детализации ТПП могут привести к увеличению времени производства, так как все неточности в описании технологических маршрутов придется решать на месте, а значит могут возникнуть проблемы с логистикой, своевременным снабжением цехов расходным материалом и инструментом и т.д. Ситуацию осложняет то, что при попытке составления прогноза на следующие периоды и резервировании различных ресурсов также не обеспечит должный результат.

2. Методы исследования

Автоматизация проектирования осуществляется в системах типа САПР (система автоматизированного проектирования). С помощью современных распределенных систем вычисления, телекоммуникационных технологий, облачных средств вычисления и хранения данных САПР позволят обеспечить эффективное взаимодействие с внешними программно-аппаратными комплексами автоматизации производства [7].

Для решения проблемы взаимодействия компонентов самого САПР, таких, как САЕ, САД и САМ, были разработаны системы управления проектными данными под названием PDM (Product Data Management). Системы PDM либо входят в поставку вместе с САПР, либо существуют самостоятельно и могут работать с различными САПР. Разработка технологического процесса всегда заканчивается составлением и оформлением ряда документов.

Документация различается по составу и форме в зависимости от ТП (единичный, типовой или групповой), типа производства, степени компьютеризации, задействования ручного труда и автоматизации предприятия. Каждый из выше указанных видов технологических по-своему влияет на степень детализации информации и предусматривает различное изложение содержания операции и комплектность документов.

В ходе анализа существующих систем автоматизации производства, относящихся к различным классам и работающих на разных уровнях, была поставлена задача создания системы, которая совмещала бы функциональность систем типа MES (контроль производства, отслеживание графиков, планирование и оптимизация) и систем подготовки производства (техпроцессы, подготовка оборудования, разработка ТМ, подготовка документации).

Для решения поставленной задачи предлагается применение трехуровневого участка с сетцентрическим управлением. Первый уровень управления подразумевает управление технологическими макрооперациями (МО) станков и роботов и осуществляется сбор данных от объектов сети. Данные характеризуют состояние объекта, что позволит элементам второго уровня контролировать условия выполнения каждой МО. Каждая такая операция запускает автоматическое выполнение конкретной последовательности более мелких технологических операций, управляемых встроенным контроллером любого объекта сети.

Второй уровень, или уровень управления и контроля технологическими процессами, описанными в виде последовательностей МО. Данный уровень обеспечивает управление спланированными последовательностями МО, выполняемых станками, роботами и автоматизированным складом. Кроме того, он транслирует на третий уровень информацию о состоянии сетевых объектов и их окружении.

Третий уровень – уровень многокритериальной иерархической оптимизации и планирования производственных процессов. На этом уровне осуществляется анализ данных, на основе которых осуществляется динамическое планирование работы цеха. При планировании работы происходит оптимизация выполнения МО объектами производственной сети, которая учитывает возможности параллельного выполнения МО, их синхронизацию, области допустимых значений параметров состояний, условия надежного выполнения плана и т.п. Так как для каждого режима работы каждого объекта существуют конкретные критерии успешности, многокритериальной иерархической оптимизации и планирования производственных процессов. На этом уровне осуществляется анализ данных, на основе которых осуществляется динамическое планирование работы цеха. При планировании работы происходит оптимизация выполнения МО объектами производственной сети, которая учитывает возможности параллельного выполнения МО, их синхронизацию, области допустимых значений параметров состояний, условия надежного выполнения плана и т.п., так как для каждого режима работы каждого объекта существуют конкретные критерии успешности.

В рамках выполнения проекта разработан специальный модуль, который по своей функциональности сопоставим с системами типа CAPP и возможностью полной автоматической генерации документации под ТМ. Чтобы программный продукт был максимально гибким, умел в короткие временные промежутки адаптироваться к новым требованиям, нужно произвести тщательное планирование архитектуры на разных уровнях детализации.

В технической литературе, например, С. Маркконелл – Совершенный код [8], выделяется несколько уровней детализации. Разделение на уровни детализации необходимо для разделения модулей и компонентов системы, а также демонстрации высокоуровневой архитектуры, то есть обеспечение постепенного погружения в детали реализации (рисунок 1).

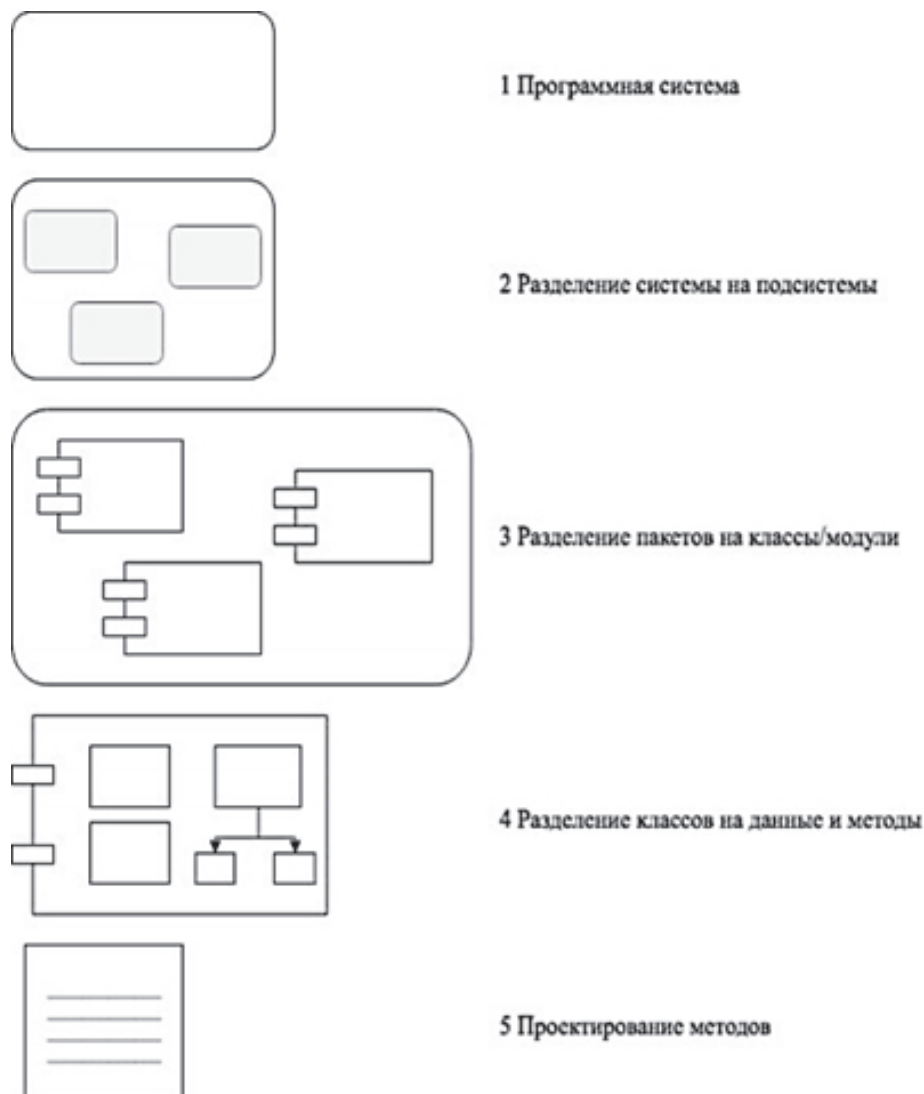


Рисунок 1. Классификация уровней детализации

Общую структуру подсистем модулей можно представить в виде схемы взаимозависимых модулей (рисунок 2):

– Модуль инициализации и формализации данных. На уровне инициализации происходит разработка графической модели в системах проектирования САД, после чего данные с чертежа технологом в программу и сохраняются в базу данных.

– Модуль группировки данных. За счет структуры базы данных, которая отражает весь цикл производства, происходит группировка и разбиение данных.

– Модуль верификации. Верификация вариантов ТМ в условиях изменений логистического и ресурсного обеспечения. Генерация корректного множества трассы в MSC формате.

– Модуль конкретизации оценок характеристик ТМ. На данном этапе происходит конкретизация ТМ в диапазоне допустимых значений. Оценка вариации времени и стоимости реализации технологического маршрута и одного метода обработки. Выбор субоптимального варианта и ТМ, удовлетворяющего критериям.

– Модуль модулирования ТП. Инициализация состояния ресурсов цеха для модели ТП и распределения их для выполнения нескольких ТМ. Цифровое моделирование ТП, оценка стоимости и времени выполнения заказов, оценка простоя оборудования.

Выбор субоптимального варианта ТП, если происходит расхождение с иерархией критериев, происходит повторное моделирование с изменением приоритетов у ТМ. На заключительном этапе модуль генерирует план-график работ цеха на данный ТП.

– Модуль генерации ТП и технологической документации. На данном этапе производится извлечение ТМ из производственной базы данных и на их основе производит генерацию технологической документации.

– Модуль генерации программ ЧПУ станков. Генерация программ для станков в g – кодах.

– Модуль мониторинга состояния ТП. Мониторинг состояния ТП посредством опроса цеховых датчиков и автоматических устройств для регистрации персонала.



Рисунок 2. Схема модулей

В ходе автоматизации ТПП происходит обработка большого объёма данных. Эффективность процесса проектирования во многом зависит от правильности подхода представления и хранения информации.

При создании программного продукта одной из наиболее важных и первостепенных задач является выбор средств реализации: выбор языков программирования, фреймворков, библиотек и другого инструментария. Выбор языка программирования напрямую влияет на дальнейшую разработку и архитектуру проекта. И предпочтение в выборе языка

программирования будет отдано тому языку, который поддерживается в операционных системах Windows и Linux, которые наиболее часто встречаются на предприятиях. Таким образом, выбор пал на язык программирования Java. Данный язык позволяет писать платформонезависимые приложения и развертывать приложения без дополнительных сложностей. Кроме того, язык активно развивается, компания Oracle постоянно добавляет новые возможности, оптимизирует работу JVM.

Одной из важных функций систем типа САРР является возможность рассчитывать время на операцию. Для реализации такой функции авторами статьи предлагается решение нескольких проблемных вопросов:

1. В каком виде хранить формулы расчета, чтобы пользователь мог быстро добавлять формулы и значения к ним без изменения кода программы?

2. Как производить расчет значений, подставляя значения в формулы?

Для решения первого вопроса предлагается использование файлов JSON (JavaScript Object Notation) – формат обмена данными, который удобен для восприятия и написания как человеком, так и машиной и имеет поддержку во многих языках программирования. JSON основан на структурах данных и может представлять из себя коллекцию пар ключ/значение, которые имеют различную реализацию в разных языках программирования (объект, структура, словарь, хэш и т.д.) или упорядоченный список, который может быть представлен массивом, списком, вектором и т.д. (рисунок 3).

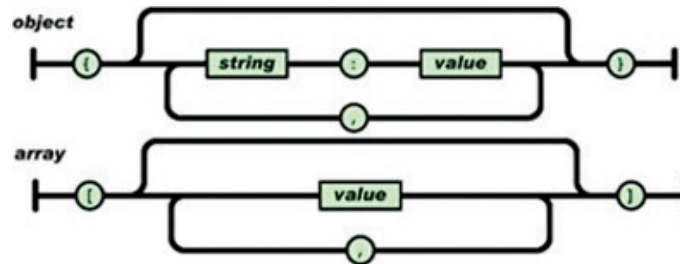


Рисунок 3. Схема устройства JSON

Таким образом, мы получаем два вида JSON: файл с формулами (рисунок 4) и файлы со значениями для них, их хранение происходит в БД, причем файл с формулами присутствует в одном экземпляре и доступен для любого проекта.

```
{
  "formulas": [
    {
      "TurningBP":
      {
        "i": "h / t",
        "n": "(1000 * v) / (pi * d)",
        "l_de": "(Dmax - Dmin) / 2",
        "L_2": "l_de + l_1 + l_2",
        "L_1": "l_de + l_1 + l_2",
        "T_2": "L_2 / (n * s) * i_2",
        "T_1": "L_1 / (n * s) * i_1",
        "T_m": "T_1 + T_2",
        "T_method": "T_m + (20 * T_m / 100)",
        "Cost_work_on_machine": "T_method * W_h",
        "Cost_method": "Cost_work_on_machine + Cost_Ri"
      }
    }
  ],
}
```

Рисунок 4. Файл JSON с формулами

Файлы со значениями имеют привязку к ТМ или отдельному методу обработки, входящего в него. Таким образом, при получении данных из БД они имеют строгую структуру, и мы имеем возможность совершать расчёт характеристик как для отдельных методов обработки, так и для всего ТМ.

Для решения второго вопроса, подстановки значений в формулы, была выбрана библиотека Exp4j - библиотека, реализующая изобретенный Эдсгером Дейкстрой так называемый «Алгоритм сортировочной станции» (Shunting-yard algorithm). Алгоритм использует свойство, по которому в обратной польской записи меняется только порядок и место операции в выражении, и пересортировываются операции в порядке выполнения действий (рисунок 5) [9]:

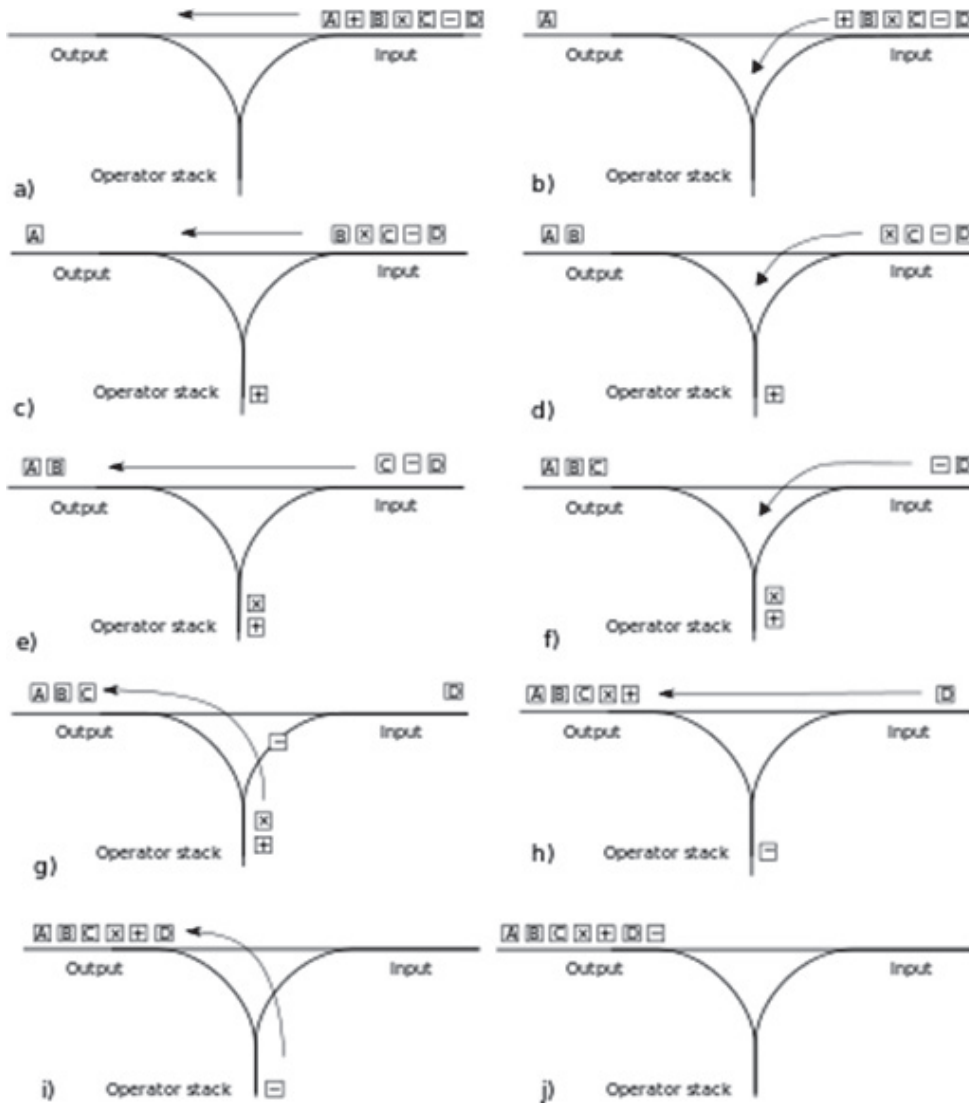


Рисунок 5. Схема алгоритма

Алгоритм рассматривает элементы выражения по очереди, слева направо.

Операнды идут прямо в выходную очередь.

Если элемент – оператор, то:

1. Если стек не пуст, и его верхний элемент – более приоритетный оператор, то он прикладывается из стека в выходную очередь, оператор из выражения идет в очередь. Открывающая скобка идет в стек.

2. Если элемент – закрывающая скобка, то:
 - пока на вершине стека не покажется открывающая скобка, переключать операторы из стека в выходную очередь;
 - удалить открывающую скобку из стека.
3. Если в выражении закончились элементы, переключать операторы из стека в выходную очередь, пока стек не опустеет.

В качестве инструментов реализации было принято решение использовать открытую библиотеку Apache POI, главной задачей которой является создание интерфейсов для работы с различными форматами файлов на основе стандартов Office Open XML (OOXML) и формата Microsoft OLE 2 Compound Document (OLE2) [10].

Чтобы сделать код генерации универсальным для любого вида документации, был создан набор шаблонов карт, заполненных специально введенным набором обозначений. Символы % (процент), # (решетка) и ^ (циркумфлекс). Процент отвечает за обозначение одиночной ячейки для внесения информации, решетка обозначает диапазон ячеек, используется как для определения логической части документа, в которую будет вноситься информация, циркумфлекс отвечает за обозначения столбца, который будет использоваться. Слова между специальными символами указывают программе, какую по смыслу информацию будет содержать поле.

3. Выводы

В статье рассмотрена проблема технологической подготовки мелкосерийного или технологического производства, для которой характерны такие проблемы, как дисбаланс трудоемкости подготовки производства и реализации экспериментального продукта.

Система модулей, разработанная в процессе работы, совмещает в себе функции систем подготовки производства (техпроцессы, подготовка оборудования, разработка маршрутов, подготовка операционных карт) и MES (контроль производства, отслеживания графиков, планирования и оптимизация).

Она не является прямым конкурентом крупных узконаправленных продуктов, которые имеют значительную стоимость и в большинстве случаев не доступны для малого и среднего бизнеса, данный проект предлагает частное решение ряда машиностроительных задач при малой трудоемкости использования.

В ходе разработки модуля генерации ТП и сопутствующей документации были решены все поставленные задачи. Данный блок значительно сократит время и трудоёмкость работы технолога на предприятии, что позволит увеличить доход и пропускную способность предприятия.

В результате этапа работы разработан программный модуль, который позволяет:

1. Производить автоматическую разработку технологических процессов мелкосерийного и единичного производств.
2. Создавать документации в виде маршрутной и операционной карты с точным описанием всех переходов, вспомогательного и измерительно оборудования.
3. Возможность вручную редактировать созданные документы.
4. Расчет стоимости и времени обработки как для одного ТМ, так и для конкретных методов обработки. Данные характеристики позволяют на следующих этапах работы системы произвести оптимизацию производственных процессов.

Подтверждения

The article was executed within the framework of implementation of IRN grant AP14972804 «Development of software for technological preparation of production on the basis of the formalized design methodology» (Head N.A. Savelyeva).

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (Грант No AP14972804).

Список литературы

1. Шваб К. Четвертая промышленная революция. – М.: Эскмо. – 2017. – 208 с.
2. Аубакирова Г.М., Исатаева Ф.М., Куатова А.С. Цифровизация промышленных предприятий Казахстана: потенциальные возможности и перспективы // Вопросы инновационной экономики. – 2020. – Том 10. – № 4. – С. 2251-2268. – doi: 10.18334/vines.10.4.111211.
3. Drobintsev P.D., Kotlyarova L.P., Voinov N.V., Tolstoles A.A., Maslakov A.P., Khrustaleva I.N. Automating preparation of small-scale production for reliable net-centric IoT workshop // 6th International Conference Actual Problems of System and Software Engineering 2019. – 2019. – Т. 2514. – С. 75-85.
4. Lyubomudrov S.A., Khrustaleva I.N., Tolstoles A.A., Maslakov A.P. Improving the efficiency of technological preparation of single and small batch production based on simulation modeling // Journal of Mining institute. – 2019. Т. 260, №6. С 669-677. DOI:10.31897.
5. Элизарова О. И. Организация производства и менеджмент. – М.: МГУП. – 2010. – 265 с.
6. Khrustaleva I.N., Lyubomudrov S.A., Chernykh L.G., Stepanov S.N., Larionova T.A. Automating production engineering for custom and small-batch production on the basis of simulation modeling // Journal of Physics: Conference Series: International conference on innovations, physical studies and digitalization in mining engineering 2020. – 2020. – Т. 1753 (2021), №1, doi: 10.1088/1742-6596/1753/1/012047.
7. Баранова И. В., Зайцев А. В. Реинжиниринг как инструмент модернизационной стратегии предприятия // Вопросы инновационной экономики. – 2016. Т. 6. № 3. – С. 219–238. DOI: 10.18334/vines.6.3.36967.
8. . McConnel S. Code complete. Second edition. Издательство «Microsoft Press». – 2004 г. – 857 с.
9. Документация к exp4j. [Электронный ресурс] URL: <https://www.objecthunter.net/exp4j/> (дата обращения: 10.03.2023).
10. Гаврилов Д.А. Управление производством на базе стандарта MRP II. – СПб.: Питер. – 2005. – 416 с.

Бірыңғай және шағын машина жасау кәсіпорындарының өндірісін технологиялық дайындаудың бағдарламалық модулін әзірлеу

Г.С. Жетесова, Н.А. Савельева, Т.Ю. Никонова, В.В. Юрченко, А.А. Берг
Ө. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

Аңдатпа. Бұл мақалада авторлар өндірістің технологиялық процесін жобалауға кететін еңбек шығындарын азайту және бір және шағын сериялы өндіріс жағдайында ілесіп құжаттаманы толығымен автоматты түрде құрастыру арқылы жұмысты оңтайландырудың жаңа тәсілін ұсынды. Тиімді шағын және бір өндірісті құруды шешудің бір нұсқасы-4.0 индустриясының парадигмасына сәйкес келетін өндірістің әртүрлі деңгейлерінде автоматтандыруды қолдану. Шағын сериялы өндірісті ұйымдастырудағы проблемалық орын өндірісті технологиялық дайындау уақыты және тиісті құжаттаманы жасау болып табылады. Ғылыми жұмыс барысында өндірістің технологиялық бағытын рәсімдеу алгоритмдері іске асырылды, өндірістің технологиялық процесін автоматты түрде генерациялау құралдары әзірленді, оның ішінде жекелеген өңдеу әдістері мен тұтас технологиялық маршруттар үшін жұмыс құны мен уақыты мәндерінің диапазонын есептеу және өндіріс үшін операциялық карталарды жасау.

Түйін сөздер: өндірістік процестерді автоматтандыру, индустрия 4.0, технологиялық процестерді рәсімдеу, өндірісті технологиялық дайындау.

Development of a software module for technological preparation of production of single and small-scale machine-building enterprises

G. Zhetessova, N. Savelyeva, T. Nikonova, V. Yurchenko, A. Berg

Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

Abstract. In this article, the authors present a new approach to optimizing work by reducing labor costs for the design of the technological process of production and fully automatic compilation of related documentation in the conditions of single-piece and small-scale production. One solution to building efficient small-batch and single-piece production is to use automation at different levels of production, which is in line with Industry 4.0 paradigm. A problematic place in the organization of small-scale production is the time of technological preparation of production and the preparation of relevant documentation. In the course of scientific work, algorithms for formalizing the technological route of production were implemented, tools were developed for automatically generating the technological process of production, including the calculation of the range of values of cost and operating time for individual processing methods and entire technological routes and the compilation of operational maps for production.

Keywords: automation of production processes, industry 4.0., formalization of technological processes, technological preparation of production.

References

1. Shvab K. Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya [The fourth industrial revolution] (Eskmo, M, 2017, 208 p) [in Russian].
2. Aubakirova G.M., Isataeva F.M., Kuvatova A.S. Cifrovizaciya promyshlennyh predpriyatij Kazakhstana: potencialnye vozmozhnosti i perspektivy [Digitalization of industrial enterprises in Kazakhstan: potential opportunities and prospects], Voprosy innovacionnoj ehkonomiki [Issues of innovative economics], Moscow, 2020. 10(4), P2251-2268. DOI: 10.18334/vinec.10.4.111211.
3. Drobintsev P.D., Kotlyarova L.P., Voinov N.V., Tolstoles A.A., Maslakov A.P., Khrustaleva I.N. Automating preparation of small-scale production for reliable net-centric IoT workshop // 6th International Conference Actual Problems of System and Software Engineering 2019. – 2019. – T. 2514. – C. 75-85.
4. Lyubomudrov S.A., Khrustaleva I.N., Tolstoles A.A., Maslakov A.P. Improving the efficiency of technological preparation of single and small batch production based on simulation modeling // Journal of Mining institute. – 2019. T. 260, №6. C 669-677. DOI:10.31897.
5. Elizarova O. I. Organizatsiya proizvodstva i menedzhment [Organization of production and management] (MGUP, M, 2010, 265 p) [in Russian].
6. Khrustaleva I.N., Lyubomudrov S.A., Chernykh L.G., Stepanov S.N., Larionova T.A. Automating production engineering for custom and small-batch production on the basis of simulation modeling // Journal of Physics: Conference Series: International conference on innovations, physical studies and digitalization in mining engineering 2020. – 2020. – T. 1753 (2021), №1, DOI: 10.1088/1742-6596/1753/1/012047.
7. Baranova I. V., Zaytsev A. V. Reinzhiniring kak instrument modernizatsionnoy strategii predpriyatiya [Reengineering as a tool for the modernization strategy of an enterprise], Voprosy innovatsionnoy ekonomiki [Issues of innovative economics], Moscow, 2016. 6(3), P. 219–238. DOI: 10.18334/vinec.6.3.36967.
8. McConnell S. Code complete. Second edition (Microsoft Press, 2004, 857 p).
9. Documentation exp4j. [Electronic resource]. Available at: <https://www.objecthunter.net/exp4j> (Accessed: 10.03.2023).
10. Gavrilov D.A. Upravleniye proizvodstvom na baze standart MRP II [Production management based on the MRP II standard] (Piter., SPb, 2005, 416 p) [in Russian].

Сведения об авторах:

Г.С. Жетесова – д.т.н., профессор, Карагандинский технический университет имени А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

Н.А. Савельева – постдокторант, преподаватель, Карагандинский технический университет имени А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

Т.Ю. Никонова – к.т.н., доцент, Карагандинский технический университет имени А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

В.В. Юрченко – PhD, заведующий кафедрой, Карагандинский технический университет имени А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

А.А. Берг – докторант, Карагандинский технический университет имени А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

Г.С. Жетесова – т.ғ.д., профессор, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

Н.А. Савельева – постдокторант, оқытушы, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

Т.Ю. Никонова – т.ғ.к., доцент, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

В.В. Юрченко – PhD, кафедра меңгерушісі, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

А.А. Берг – докторант, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Н. Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

G. Zhetessova – Doctor of Technical Sciences, Professor, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

N. Savelyeva – postdoc, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

T. Nikonova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

V. Yurchenko – PhD, Head of Department, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

A. Berg – PhD student, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

**Б.С. Доненбаев^{1*}, С.Ш. Магавин², К.Т. Шеров², А.К. Ракишев¹,
М.М. Мусаев¹**

¹Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, Караганда, Казахстан

²Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина,
Астана, Казахстан

E-mail: *bahytshan09@mail.ru

Экспериментальное исследование и численное моделирование стадии развития разрушений низкоуглеродистой стали

Аннотация. В данной работе представлены экспериментальное и численное исследование низкоуглеродистой стали при одноосном растяжении до разрушения. Испытание на растяжение с полным разрушением проводилось на разрывной машине МИ40. Данная машина позволяет испытывать образцы на растяжение и отображает кривую зависимости усилия от удлинения. Цилиндрические образцы низкоуглеродистой стали подготовлены согласно ISO 6892-1:2019 и соответствуют типу II. Для оценки испытания полученные усредненные кривые зависимости сила и удлинения были преобразованы в инженерные кривые зависимости напряжения от деформации. Инженерные (технические) кривые зависимости напряжения от деформации приведены к истинной. В истинной диаграмме третий этап - развитие шейки принят линейной. Численные исследования проведены по истинным диаграммам растяжения. В численном исследовании смоделированы все три этапа растяжения. Первый этап – линейный и задан модулем Юнга и коэффициентом Пуассона. Из полной истинной деформации извлечена пластичная и она применена во втором этапе деформации. Третий этап смоделирован такими параметрами, как: зависимость степени разрушения от смещения, деформация разрушения, трехосность напряжений и скорость деформации. Получены сравнительные графики зависимости напряжения от деформации экспериментального и численного исследования.

Ключевые слова: напряжение, деформация, разрушение, одноосное растяжение, низкоуглеродистая сталь, пластичность, моделирование.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-134-142

1. Введение

Конструкционная низкоуглеродистая сталь 3 относится к широко применяемым материалам. В производстве используется большинство видов стального проката и применяются в качестве элементов конструкции и деталей в различных отраслях. Низкоуглеродистые стали относят к труднообрабатываемым материалам из-за высокой вязкости, которая приводит к быстрому преждевременному износу и засаливанию зубьев инструмента при их обработке. В этой связи исследование процесса разрушения низкоуглеродистых сталей является актуальной задачей. Цель эксперимента в растяжении образца с последующим разрушением заключается в исследовании стадии развития разрушений и дальнейшее её численное моделирование.

Одноосное растяжение низкоуглеродистой стали состоит из трех этапов. На первом этапе зависимость между напряжением и деформацией линейная и тангенс угла между

ними характеризуется модулем упругости; на втором этапе в материале развивается пластическая деформация с наряду упругой, затем напряжение принимает максимальное значение – предел прочности и переходит в третье состояние, где начинается процесс разрушения [1, 2, 3].

Работа выполнена в рамках грантового финансирования молодых ученых по проекту АР19175058 «Численное моделирование процессов резания труднообрабатываемых материалов в условиях машиностроительных предприятий РК».

2. Экспериментальное исследование

Эксперимент проведен с учетом основных нормативных положений международного стандарта ИСО 6892-1:2019 Металлические материалы – Испытания на растяжение. Часть 1: Методика испытаний при комнатной температуре (ISO 6892-1:2019 Metallic materials - Tensile testing - Part 1: Method of test at room temperature).

Основным видом испытаний материалов является статическое испытание на одноосное растяжение. Для проведения эксперимента были изготовлены пять специальных образцов цилиндрической формы из низкоуглеродистой стали согласно ISO 6892-1:2019 [4].

По таблице Б.2. принят образец под номером «7» с диаметром $d_0=5\text{мм}$; при этом расчетная длина составляет $l_0=5\text{мм}$ [4]. Остальные размеры образца приведены на рисунке 1.

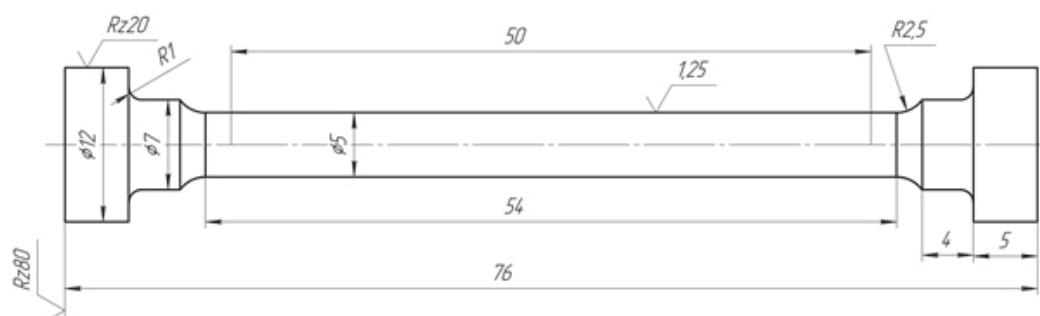


Рисунок 1. Образец типа III

Испытание проводилось на разрывной машине МИ40 с предельной нагрузкой 40 кН. Эта машина при помощи двух захватов растягивает образец и обеспечивает построение графика зависимости усилия от деформации и данная зависимость отображается на экране компьютера. В результате мы испытали пять образцов на одноосное растяжение до разрыва (рисунок 2).



Рисунок 2. Испытанные образцы на растяжение

На рисунке 2 во всех испытанных образцах разрушение произошло образованием шейки выше срединного сечения, то есть ближе к местам захвата.

Ниже представлена усредненная диаграмма зависимости между удлинением и силой сопротивления образца (рисунок 3).

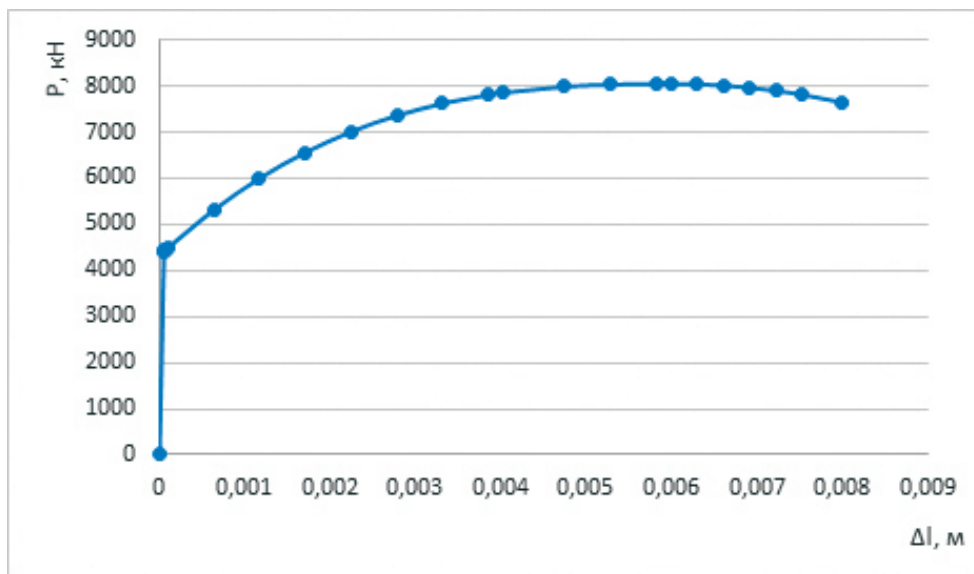


Рисунок 3. Усредненная диаграмма зависимости между удлинением и силой сопротивления образца

Далее преобразуем диаграмму зависимости усилия от удлинения образца в кривую зависимости «напряжение-деформация» (рисунок 4) по известным выражениям [5, 6]:

$$\sigma_{eng} = \frac{F}{A_0} \varepsilon_{eng} = \frac{\Delta l}{l_0}, \tag{1}$$

где A_0 - площадь поперечного сечения образца; $l_0 = 50\text{мм}$ - расчетная длина образца.

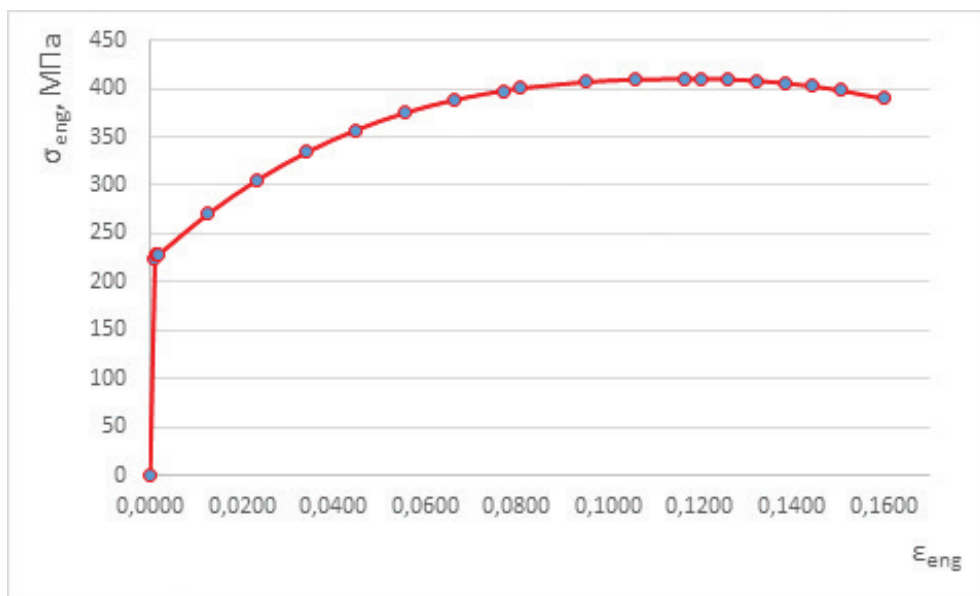


Рисунок 4. Диаграмма зависимости нормального напряжения от деформации

В данной диаграмме напряжение и деформация носят название «инженерное», которое необходимо преобразовать в «истинную». Название «инженерное» (техническое) дано из-за того, что в данной диаграмме не учтены удлинение образца с каждым нагружением и сужение поперечного сечения после достижения предела прочности. Для учета выше указанных недочетов зарубежные авторы предлагают применить следующие выражения [5, 6]:

$$\begin{aligned} \sigma_{true} &= \sigma_{eng} (1 + \varepsilon_{eng}), \varepsilon_{true} = \ln(1 + \varepsilon_{eng}), \\ \sigma_{f,true} &= \frac{F_f}{A_f}, \varepsilon_{true} = \ln(1 + \varepsilon_{eng}), \end{aligned} \quad (2)$$

где A_f - площадь поперечного сечения шейки; F_f – усилие при разрушении.

Для визуального сравнения инженерных и истинных кривых зависимости нормальных напряжений от деформации поместим их на одном графике (рисунок 5).

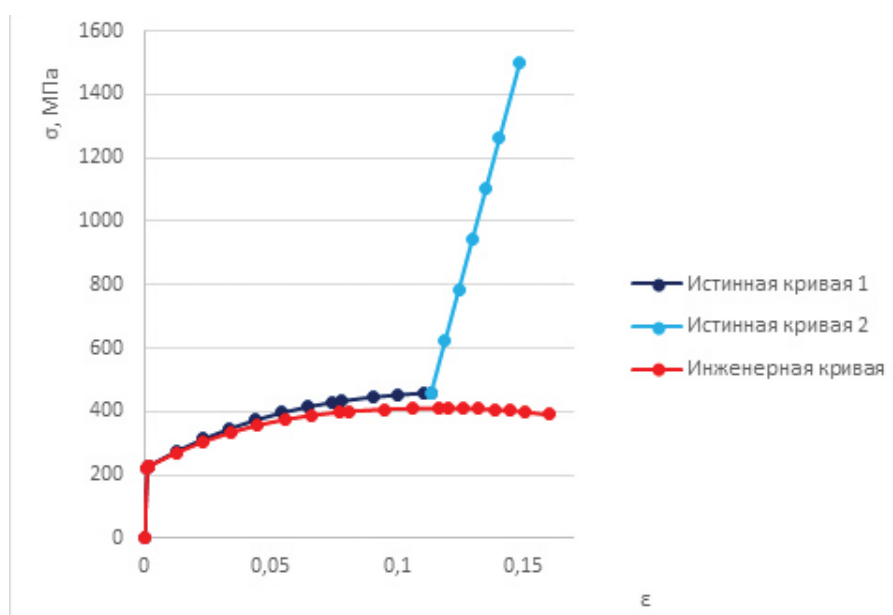


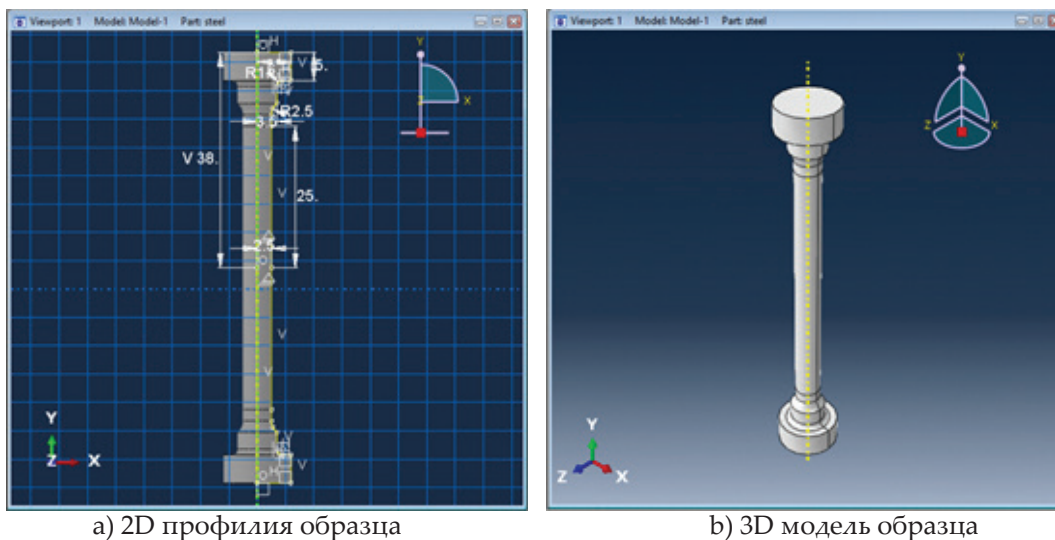
Рисунок 5. Сравнение инженерной и истинной кривых

Из рисунка 5 заметим, что истинная деформация меньше инженерной, а истинное напряжение выше инженерной. Наиболее заметна разница напряжения после предельного напряжения (предел прочности), и она объясняется развитием шейки на месте разрыва. Истинное напряжение разрушения составляет 1502 МПа, а инженерная – 390 МПа, что выше в 3,85 раза.

3. Численное исследование

Здесь смоделировано поведение образца при численном расчете на растяжение в программе Abaqus. Имитируем все этапы одноосного растяжения в трех стадиях. Используем истинную кривую зависимости «напряжение-деформация», полученное экспериментальным путем. Выделим основные пункты моделирования: построение или импорт геометрии объекта (образца); задание свойств материала; разбижка на конечные элементы; граничные условия; запуск на расчет и просмотр результатов.

Построение модели образца производим в самой среде программы. И она выполняется построением 2D профиля образца и затем получение 3D вращением относительно оси вращения на 360 градусов (рисунок 6).



а) 2D профиля образца

б) 3D модель образца

Рисунок 6. Построение модели образца;

Разбивка на конечные элементы (рисунок 7) образца была произведена с учетом удаления элементов.

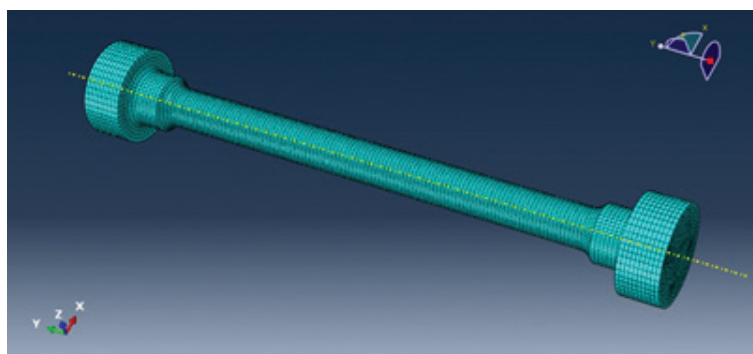


Рисунок 7. Конечная элементная модель образца

Граничные условия. Для имитации одноосного растяжения и принципа работы подвижного и неподвижного захватов нижняя часть образца жестко заделана, а верхняя часть ограничена степени подвижности, кроме осевого направления, где было задано перемещение (рисунок 8).

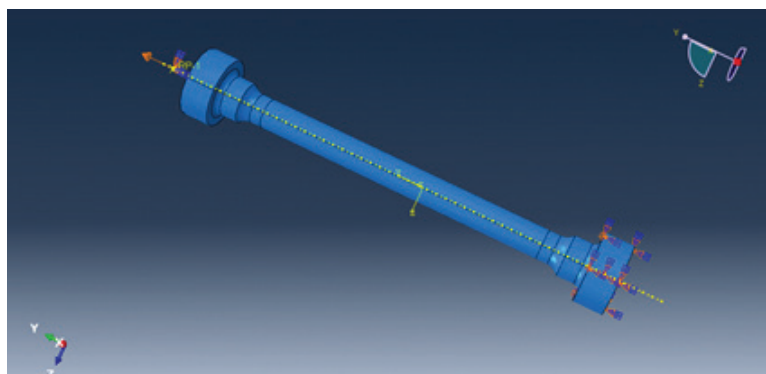


Рисунок 8. Граничные условия

Самым сложным является выбор и задание свойств материала. Первый этап – линейный. Линейное свойство задается модулем упругости и коэффициентом Пуассона. На втором этапе развивается пластическая деформация и для ее решения воспользуемся формулой чтобы заполнить таблицу Plasic [5, 6]:

$$\varepsilon_{pl} = \varepsilon_{trus} - \varepsilon_y = \varepsilon_{trus} - \frac{\sigma_y}{E}. \quad (3)$$

По истинной кривой «напряжение-деформация» рассчитан ряд параметров развития разрушения. Ниже продемонстрирована диаграмма эволюции разрушения, которая является одним из ключевым факторов образования шейки с разрушением.

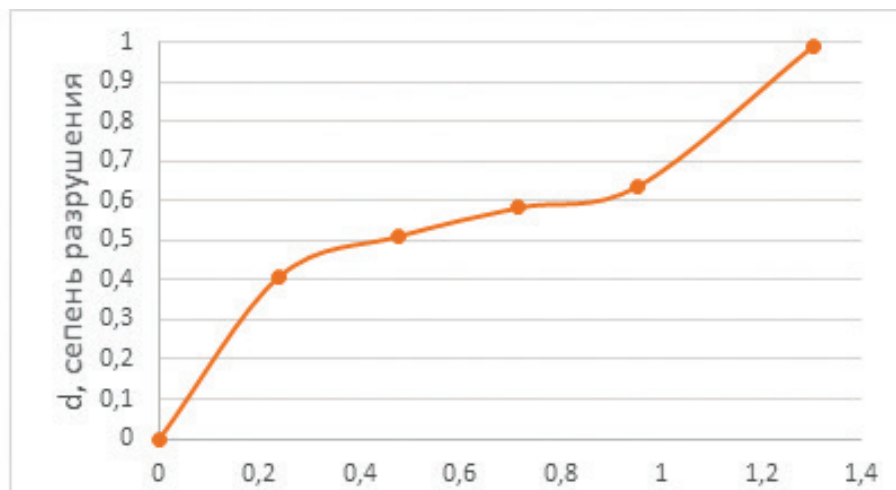
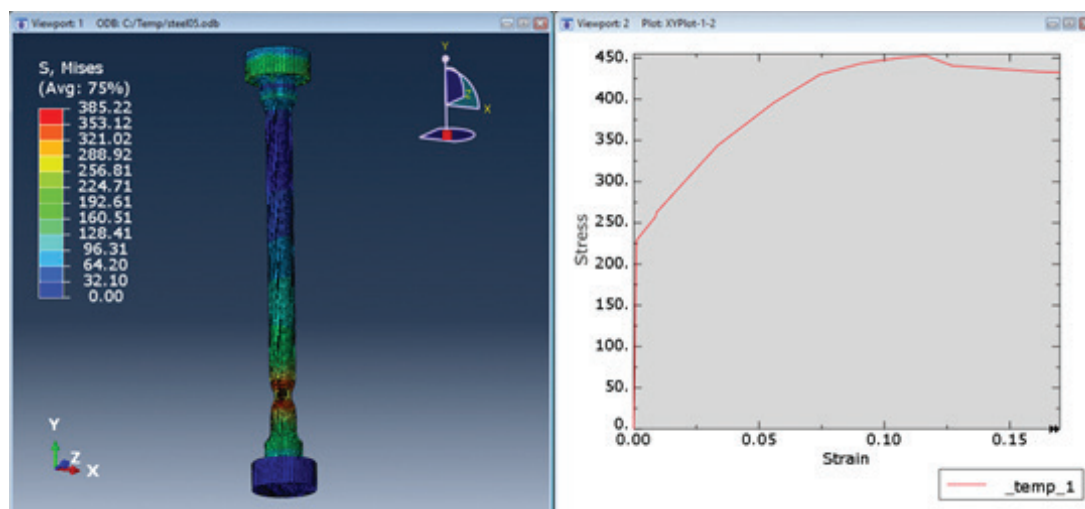


Рисунок 9. Кривая зависимости степени разрушения (d) от смещения (u_{pl})

Анализ результатов

Результаты численного моделирования - картина образования шейки на образце и кривая зависимости напряжения от деформации показаны на рисунках 10а и 10б.



а) образование шейки

б) кривая зависимости напряжения от деформации

Рисунок 10. Результаты численного исследования низкоуглеродистой стали при одноосном растяжении

Образование шейки (рисунок 10а) в численном моделировании и в экспериментальном исследовании (рисунок 2) практически идентичны по расположению.

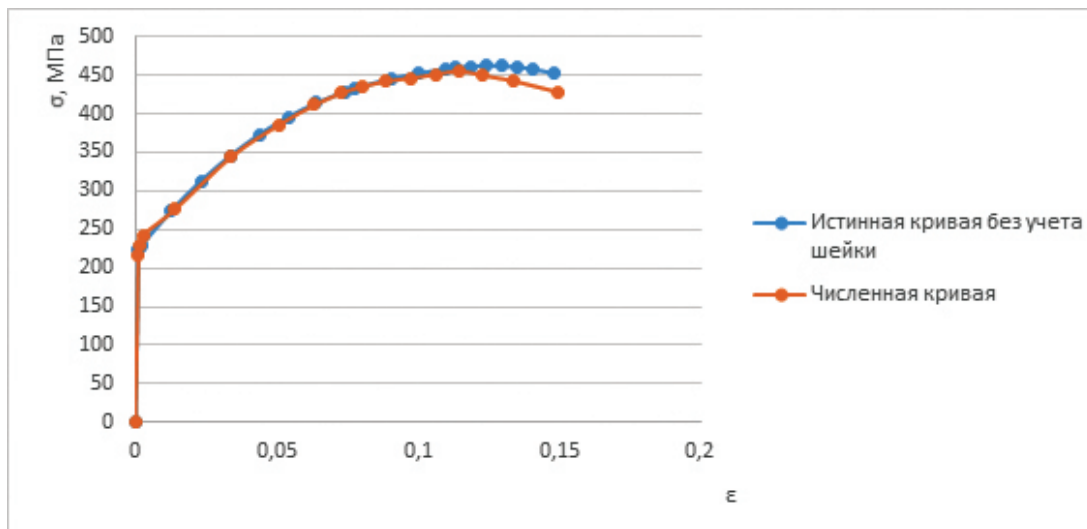


Рисунок 11. Сопоставление кривых зависимости напряжения от деформации экспериментальной с численной

Если сравнить кривые зависимостей (напряжения от деформации) экспериментальной (без учета шейки) с численной, то можно видеть слияние до предела прочности, а далее в зоне разрушения видим некоторые отклонения.

Полученные численные и экспериментальные данные будут использованы в численном моделировании процессов резания.

4. Выводы

- Были испытаны на одноосное растяжения с последующим разрывом образцы из низкоуглеродистой стали согласно ISO 6892-1:2019;
- получены инженерные (технические) кривые зависимости напряжения и деформации и приведены к истинной;
- по истинным диаграммам одноосного растяжения были проведены численные исследования;
- истинное напряжение разрушения составляет 1502 МПа, а инженерная – 390 МПа, что выше в 3,85 раза;
- образование шейки (рисунок 10а) в численном моделировании и в экспериментальном исследовании (рисунок 2) практически идентичны по расположению;
- сравнение кривых зависимостей напряжения от деформации экспериментальной (без учета шейки) с численной показало слияние до предела прочности, а далее в зоне разрушения замечены отклонения.

Список литературы

1. Norbert Vita, Akanshu Sharma Behaviour of single bonded anchors in uncracked steel fibre reinforced concrete under tensile loading – Experimental investigations and analytical model//Engineering Structures, Volume 288, 1 August 2023, 116088.
2. Chaoqun Zeng, JiHua Zhu, Cheng Xiong, Yanru Li, Dawang Li, Joost Walraven Analytical model for the prediction of the tensile behaviour of corroded steel bars//Construction and Building Materials, Volume 258, 20 October 2020, 120290.

3. Xing-Ju Yang a, Feng Lin Experimental and analytical studies on tensile behavior of kinked steel plates//Journal of Constructional Steel Research, Volume 204, May 2023, 107874.
4. ISO 6892–1:2019 Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at room temperature. Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/78322.html> (дата обращения: 07.06.2023)
5. Courtney, Thomas (2005). Mechanical behavior of materials. Waveland Press, Inc. pp. 6–13.
6. Beer, F.; Johnston, R.; Dewolf, J.; Mazurek, D. (2009). Mechanics of materials. New York: McGraw-Hill companies.

Төмен көміртекті болаттың қирауының даму кезеңін тәжірибелік зерттеу және сандық үлгілеу

Б.С. Доненбаев¹, С.Ш. Магавин², К.Т. Шеров², А.К. Ракишев¹, М.М. Мусаев¹

¹Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

Аңдатпа. Бұл жұмыста төмен көміртекті болатты қирауға дейін бір осьтік созудың тәжірибелік және сандық зерттеулері ұсынылады. Толық қираумен созуға сынау МИ40 ұзу машинасында жүргізілді. Бұл машина үлгілерді созып сынауға мүмкіндік береді және күштің ұзаруға тәуелді қисығын көрсетеді. Төмен көміртекті болаттан жасалған цилиндрлік үлгілер ISO 6892–1:2019 стандартына сәйкес дайындалған және II типке сәйкес келеді. Сынақтарды бағалау үшін күштің ұзаруға тәуелді орташаланып алынған қисықтары кернеудің деформацияға қатысты инженерлік қисықтарына түрлендірілді. Кернеудің деформацияға қатысты инженерлік қисықтары шынайыға (ақиқат) келтірілді. Шынайы диаграммадағы үшінші кезеңі, демек мойыншаның даму бөлігі сызықтық деп қабылданды. Сандық зерттеулер созылудың шынайы диаграммасы бойынша жүргізілді. Сандық зерттеулерде созылудың барлық үш кезеңі де үлгіленді. Бірінші кезең сызықты және Юнг модулі мен Пуассон коэффициенті арқылы берілді. Толық шынайы деформациядан илемді деформация ажыратылды және деформацияның екінші сатысында қолданылды. Үшінші кезең келесі параметрлер бойынша модельденді: бұзылу дәрежесінің орын ауыстыруға тәуелділігі, қирау деформациясы, кернеудің үш өстілігі және деформация жылдамдығы. Тәжірибелік және сандық зерттеулер нәтижесінде кернеудің деформацияға тәуелділігінің салыстырмалы графиктері алынды.

Түйін сөздер: кернеу, деформация, қирау, бірөстік созу, төмен көміртекті болат, илемділік, үлгілеу.

Experimental study and numerical modeling of the stage of development of fractures in low-carbon steel

B. Donenbayev¹, S. Magavin², K. Sherov², A. Rakishev¹, M. Mussayev¹

¹A. Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

²S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan

Abstract. This paper presents an experimental and numerical study of low-carbon steel under uniaxial tension to failure. The tensile test with destruction was carried out on an MI40 tensile testing machine. This machine allows you to test samples in tension and displays a curve of force versus elongation. Low-carbon steel cylindrical specimens are prepared according to ISO 6892–1:2019 and conform to Type II. To evaluate the test, the resulting averaged force-elongation curves were converted into engineering stress-strain curves. Engineering (technical) stress-strain curves are brought to truth. In the true diagram, the third stage - the development of the cervix - is assumed to be linear. Numerical studies were carried out using true tension diagrams. In the numerical study, all three stages of extension were simulated. The first stage is linear and is specified by Young's modulus and Poisson's ratio. From the total true deformation, the plastic one is extracted and applied in the second stage of deformation. The third stage is modeled by such parameters as a dependence of the degree of destruction on displacement, fracture strain, stress triaxiality and strain rate. Comparative graphs of the dependence of stress on deformation from experimental and numerical studies were obtained.

Keywords: stress, deformation, fracture, uniaxial tension, low-carbon steel, plasticity, modeling.

References

1. Norbert Vita, Akanshu Sharma Behaviour of single bonded anchors in uncracked steel fibre reinforced concrete under tensile loading – Experimental investigations and analytical model//Engineering Structures, Volume 288, 1 August 2023, 116088.
2. Chaoqun Zeng, JiHua Zhu, Cheng Xiong, Yanru Li, Dawang Li, Joost Walraven Analytical model for the prediction of the tensile behaviour of corroded steel bars//Construction and Building Materials, Volume 258, 20 October 2020, 120290.
3. Xing-Ju Yang a, Feng Lin Experimental and analytical studies on tensile behavior of kinked steel plates//Journal of Constructional Steel Research, Volume 204, May 2023, 107874.
4. ISO 6892–1:2019 Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at room temperature. Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/78322.html> (Accessed: 07.06.2023)
5. Courtney, Thomas (2005). Mechanical behavior of materials. Waveland Press, Inc. pp. 6–13.
6. Beer, F.; Johnston, R.; Dewolf, J.; Mazurek, D. (2009). Mechanics of materials. New York: McGraw-Hill companies.

Сведения об авторах:

Б.С. Доненбаев – PhD, старший научный сотрудник, Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

С.Ш. Магавин – к.т.н., доцент, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

К.Т. Шеров – д.т.н., профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

А.К. Ракишев – PhD, старший преподаватель, Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

М.М. Мусаев – PhD, ассоциированный профессор, Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

Б.С. Доненбаев – PhD, аға ғылыми қызметкер, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, пр. Н. Назарбаева даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

С.Ш. Магавин – т.ғ.к., доцент, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

К.Т. Шеров – т.ғ.д., профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

А.К. Ракишев – PhD, аға оқытушы, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, пр. Н. Назарбаева даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

М.М. Мусаев – PhD, қауымдастырылған профессор, Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, пр. Н. Назарбаева даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

B. Donenbaev – PhD, Researcher, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

S. Magavin – Ph.D., Associate Professor, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan, 62 Zhenis Ave., Astana, Kazakhstan.

K. Sherov – Doctor of Technical Sciences, Professor, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan, 62 Zhenis Ave., Astana, Kazakhstan.

A. Rakishev – PhD, Senior Lecturer, A. Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan.

M. Mussayev – PhD, Associate Professor, A. Saginov Karaganda Technical University, N. Nazarbayev Ave., 56, Karaganda, Kazakhstan.

К.Г. Балабекова, А.Б. Забиева, А.Б. Оразалина

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

Теміржол калибрлерін өзгерту жүйелерін зерттеу

Аңдатпа. Мақалада теміржол калибрлерін өзгерту жүйелері зерттелген. Қазіргі таңда бір елден екінші елге өткен кезде стандартты рельстер 1435 мм – ден 1520 мм-лік теміржол рельсіне түрленеді. Дөңгелектер мен теміржолдар арасындағы байланыс қысымын есептеу нәтижесінде максималды байланыс қысымы 534 МПа деңгейінде болды және мұны «Байланыс қысымы және қызмет ету мерзімі» анықтамалығындағы мәліметтермен салыстыруға болады, онда байланыс қысымының циклдарға тәуелділік қисығы 1 орташа баллдан төмен байланыс қысымы деңгейінде 104 миллион циклды көрсетеді. Анықтамалықтағы мәліметтерге сүйене отырып, 534 МПа байланыс қысымы деңгейінде тозу салдарынан шаршаудың бұзылуы күтілмесе де, байланыс аймағындағы шаршаудың бұзылуы беттің күйіне және сыртқы жағдайларға байланысты, сондықтан бетті майлау және техникалық қызмет көрсету үнемі жүргізілуі керек екендігіне көз жеткізілді.

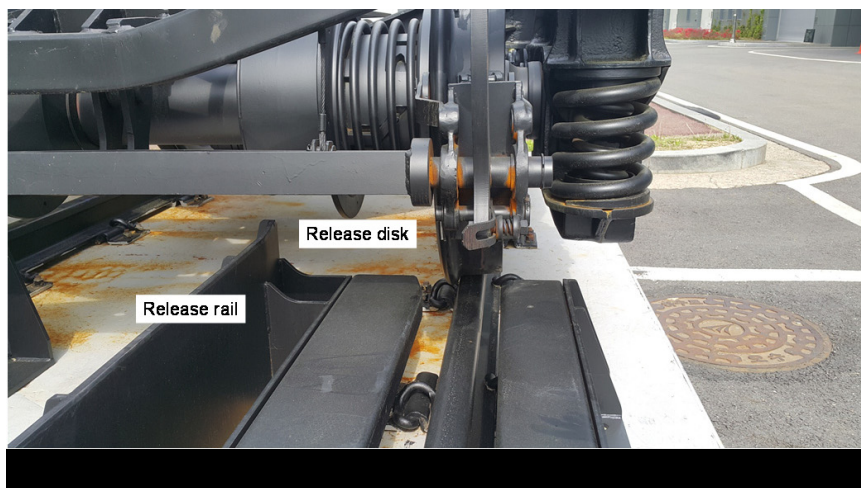
Түйін сөздер: теміржол, шығыр рельсі, шығыс дискі, рельс, Мизес фоны, ойық рельс, калибр, қаттылық, жүктеме, құлыпты ашу.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-143-153

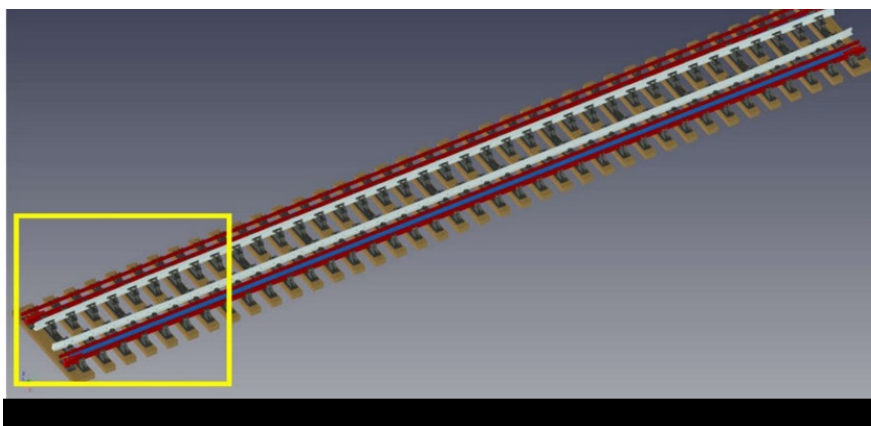
1. Кіріспе

Трансконтинентальды теміржол желісін байланыстыру үшін әр түрлі елдердегі шекаралардағы үзіліс мәселесін шешу өте маңызды. Қазіргі уақытта ең жақсы шешім калибрлеу жабдығын автоматты түрде ауыстыратын жабдықты пайдалану болып көрінеді. Қазақстан мен Қытай сияқты елдер трансконтинентальдық желі арқылы тасымалдаудың тиімділігін барынша арттыру үшін калибрлерді автоматты түрде ауыстыратын жабдықты әзірлейді және коммерцияландырады. Сондай-ақ қолайлы логистикалық қызметті табуға күш салынауда. Бұл мақалада бірнеше елдердегі осы жабдықтың технологиясы мен даму тенденциялары дамудың тарихи және ағымдағы жағдайын, жұмыс механизмін және техникалық мәселелерді тексеру және талдау арқылы көрсетілген. Калибрді автоматты түрде ауыстырудың негізгі технологиясы біздің елімізде жеткілікті дамымағандықтан, бұл зерттеудің мақсаты зерттеу бағытын анықтауға және халықаралық ынтымақтастықтың практикалық жолдарын іздеуге арналған тәсілді іздеу болып табылады.

Стандартты 1435 мм рельсті теміржолдан ені 1520 мм кең рельсті теміржолға түрлендіруді жүзеге асыру үшін арба рельсіне құлыптан босату дискісі орнатылады және бұғатталған арба осінің күйі құлыптан босату дискісі жанасатын әрекет принципінің арқасында босатылады. Арба алға жылжып бара жатқанда рельсті босатыңыз. Құлыпты ашу бөліміндегі реттелетін бағыттаушы құлыпты ашу калибрлі және құлыпты ашу дискісі жүйесі 1 суретте көрсетілген.. Ұзындығы 2380 мм айнымалы теміржол құлпын ашу бөлімі 2 суретте көрсетілген.



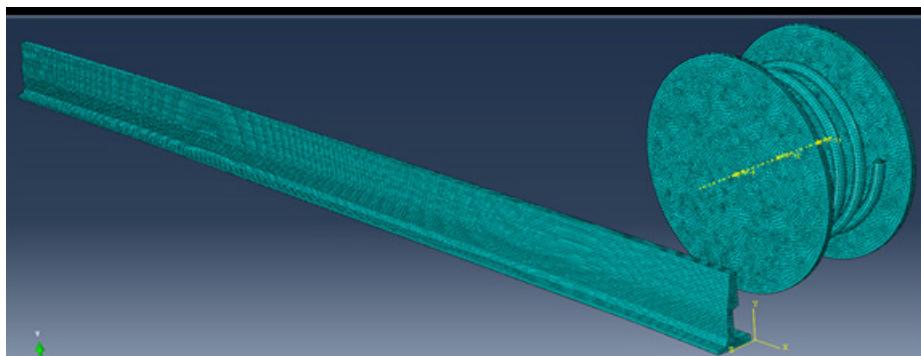
Сурет 1. Шығыс рельсінің және шығыс дискінің реттелетін калибрлі жүйесі



Сурет 2. Айнымалы калибрлі жүйе үшін теміржол жолының босату учаскесі

2. Әдістер

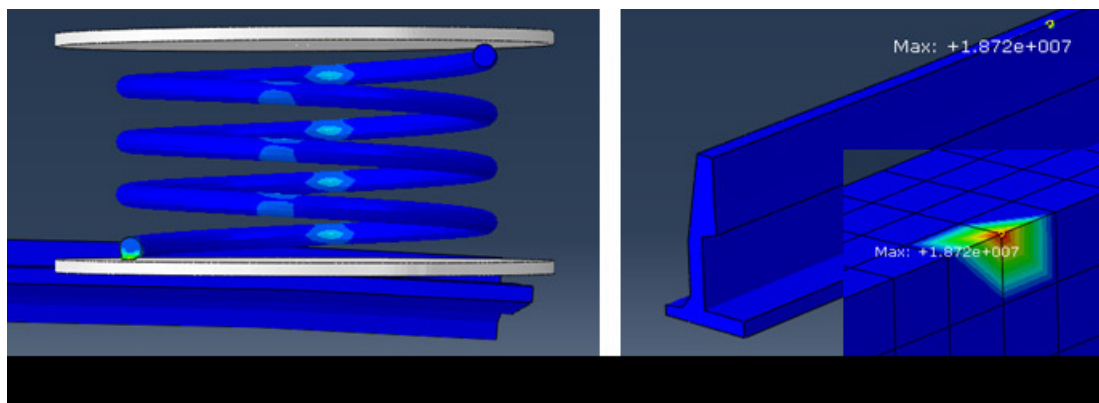
Стандартты калибр мен кең калибр арасындағы калибрлі түрлендіруді орындау үшін арба осіне калибрлі жүйенің құлпын ашу үшін құлыптан босату дискісі орнатылады. Бекітілген бөлік ретінде бекіткіштің бағыттаушысы 3-суреттегі бекіту бөлімінде орнатылған. SS400 төмен көміртекті болаттан жасалған. Бөлу дискісі 190 ГПа Юнг модулі және 520 МПа созылу күші бар STS304 тот баспайтын болаттан жасалған. Abaqus көмегімен соңғы элементтерді динамикалық талдау үшін модель мен тор 4-суретте көрсетілген. Әрбір модель қатты алтыбұрышты элементті, 16 848 элементтен тұратын серіппені, 23752 қатты элементтен тұратын шығыс дискісін және 62505 қатты элементтен тұратын шығыс рельсін пайдаланып жасалған. Тордың конвергенциясы соңғы элементтерді қолдана отырып, барлық есептеулерде расталды.



Сурет 3. Барлық геометрияның ақырлы элементтері

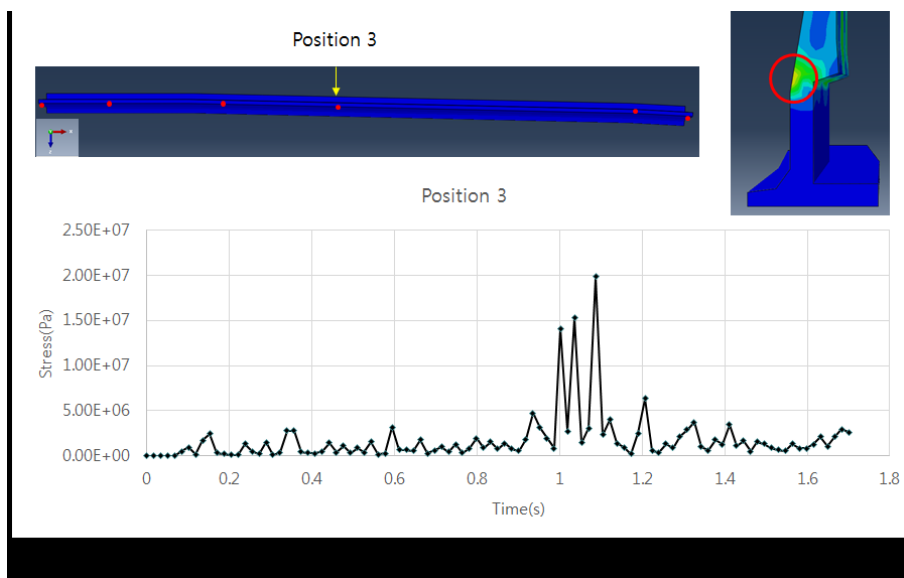
4-суретте көрсетілген байланыс қысымы ажыратқыш 5 км/сағ жылдамдықта рельске бірінші рет тиген кезде және 5 км/сағ жылдамдықта бастапқы жанасу кезінде шамамен 18,7 МПа қысым мәні есептелді. Шығыс дискісі Шығыс рельсінің көлденең бөлігіне жетуі үшін шамамен 1,7 секунд қажет. Соққы аймағындағы байланыс қысымы кірістілік шегінен асып түседі және егжей-тегжейлі берілген. 5 км/сағ жылдамдықпен қозғалатын арба үшін үш позициядағы жанасу қысымы 350 МПа-ға дейінгі кірістілік шегінен асады және олардың орналасуы а суретте көрсетілген. Арбаның жылдамдығы үшін 10 км/сағ байланыс қысымының орналасуы және олардың схемасы 5 суретте көрсетілген.

3. Нәтижелер мен талқылаулар

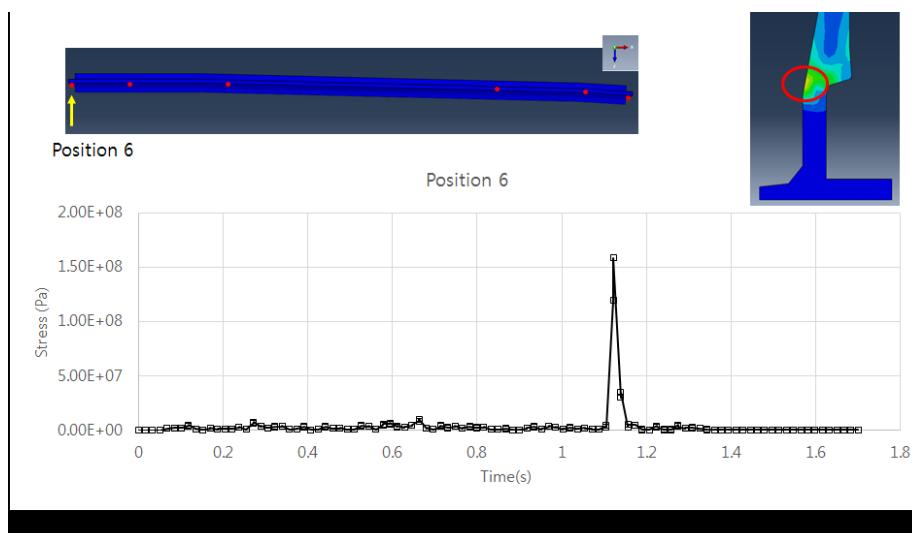


Сурет 4. Бастапқы соққы кезіндегі байланыс қысымы (5 км/сағ)

Соққы элементінің жанасу қысымы аққыштық шегінен асып кеткендіктен, бұл жанасу аймағына дереу зақым келтіруді білдірмейді, бірақ бұл жергілікті пластикалық деформация немесе жарықтардың ұзақ уақыт тозуы сияқты шаршау зақымдануы мүмкін дегенді білдіреді. Арба 5 км/сағ және 10 км/сағ жылдамдықпен қозғалғанда, басқа жоғары жүктеме орындары анықталады; олардың кернеу тарихы суретте көрсетілген. Сәйкесінше 5 және 6 сурет. Кернеулер тарихынан фон Мизес бойынша максималды кернеу 5 км/сағ арба жылдамдығында 20 МПа және 10 км/сағ арба жылдамдығында 160 МПа құрайды.



Сурет 5. Арбаның жылдамдығы 5 км/сағ болатын фон Мизес бойынша максималды кернеу



Сурет 6. Арбаның жылдамдығы 10 км/сағ болатын фон Мизес бойынша максималды кернеу

Байланыс аймағының тозуы жанасу қысымының шамасымен және сырғанау жылдамдығымен көрсетілуі мүмкін. Бұл деректер Archard wear формуласын қолдана отырып, тозу коэффициентінің мәнін анықтайтын Bombardier компаниясы жүзеге асыратын теміржол жолдарының тозуы туралы ақпарат пен көрсеткіштерге қатысты. Орындалған талдауда Шығыс дискісі мен Шығыс рельсі арасындағы байланыс қысымы 5 км/сағ (1,39 м/с) жылдамдықта 350 МПа үшін орташа тозу шарты ретінде қарастырылады, бұл өзгермелі калибрдің эксплуат пайдалану саласында ерекше проблемалар туғызбайды. жүйе.

Тозу байланыс бетінің пішіні және майлау жағдайлары сияқты белгісіздіктерге байланысты болғандықтан, бөлу дискісі мен бөлу рельсі арасындағы майлауды қолдану тозуға байланысты мәселелердің алдын алады. Сондықтан, сілтеме жасай отырып, біз бекіткіш бағыттаушы үшін тиісті майлауды қолданудың маңыздылығын атап өтеміз. Құрғақ болған кезде тозу жылдамдығы 8,0 г/мм²-ден асады, бірақ майлау кезінде ол 1,0 г/мм²-ден төмен мәнге дейін төмендейді. Орындалған сандық есептеулер Шығыс рельсі

мен Шығыс дискісі арасында аз ғана тозу бар екенін көрсетті; майлау материалдарын қолдану нақты инженерлік қосымшаларда белгісіздікті азайтады. Майлау материалдарын қолдану кестесі-бұл нақты техникалық қызмет көрсету және рельстердің күйін тексеру кезінде ескеру қажет тағы бір мәселе.

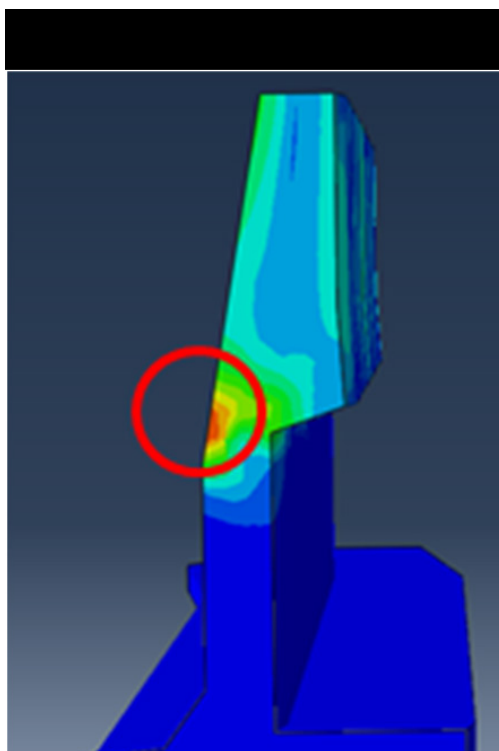
Кесте 1

Қысым (GPa)	Сырғанау жылдамдығы [м/с]	Тозу коэффициенті,	Тозу жағдайы
0-2	0-0.2	1-10	Орташа тозу (оксид)
0-2	0.2-0.7	30-40	Қатты тозу
0-2	0.8-1	1-10	Орташа тозу (жоғары тотығу жылдамдығы)
2-3	0-1	300-400	Түсіру

Талдау нәтижелері шаршау жүктемелерін бағалау және рельстің өмірлік циклін болжау үшін пайдаланылды. Моришита және т.б. кернеудің эквивалентті амплитудасының корреляциясы арқылы шаршау сызығын ұсынады шаршау циклдарының саны. Бағыттаушы рельс жасалған төмен көміртекті SS400 болаты үшін E шаршауға төзімділік шегі шамамен 175 МПа болды. Егер өтімділік шегі, Y, SS400 үшін 245 МПа болса, шаршау критерийлері консервативті түрде қарастырылады.

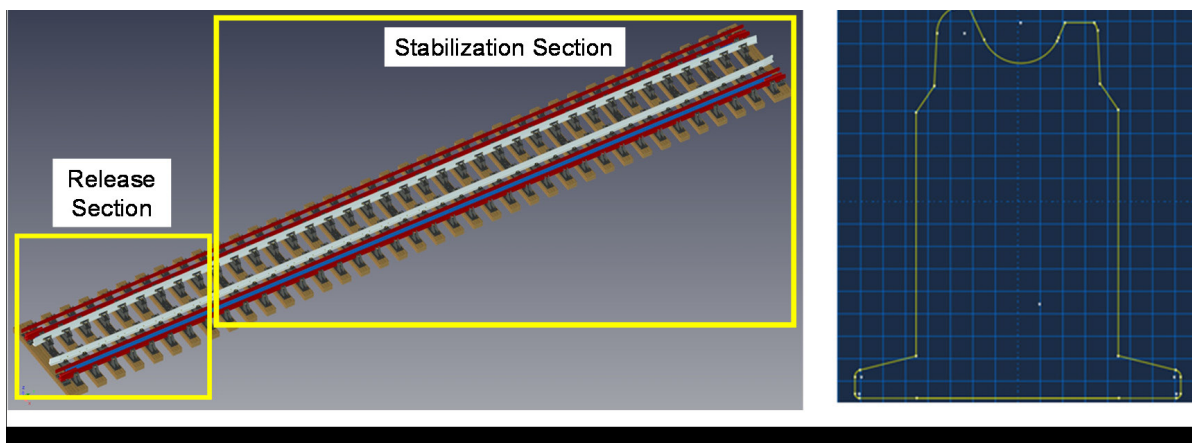
4. Қорытынды

Содерберг критерийлерін қолдана отырып, шаршау ресурсын есептеу кезінде әдетте негізгі кернеулер қолданылады. Сонымен қатар, шаршауды бағалау үшін қол қойылған фон Мизес теориясын қолдануға болады, егер σ_2/σ_1 қосарланған коэффициенті нөлден аз болса. 5 км/сағ жылдамдықта 20 МПа фон Мизес әдісімен кернеу деңгейін ескере отырып, арба айнымалы жолдың ені учаскесінде 5 км/сағ жылдамдықпен қозғалғанда, айнымалы жолдың шығыс рельсі шаршау зақымына ұшырамайтынын растауға болады, өйткені кернеу деңгейі шаршауға төзімділіктен әлдеқайда төмен. шегі 175 МПа. Шаршаудың қызмет ету мерзіміне қатысты белгісіздікті азайту үшін кернеудің үлкен концентрациясы болатын 7-суретте көрсетілген бағыттаушы мойын аймағын күшейту ұсынылады.



Сурет 7. Шығару рельсінің мойнындағы кернеулердің концентрациясы

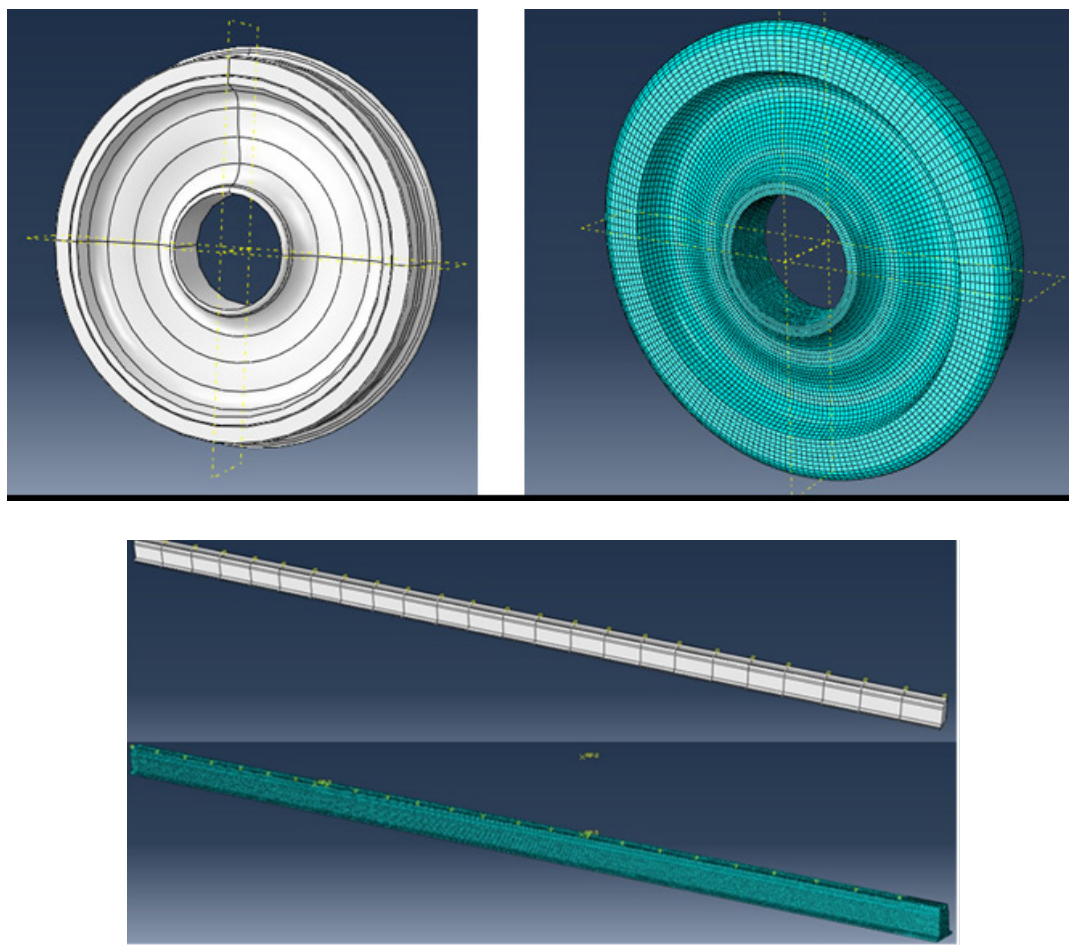
Арбадағы айнымалы жол ені жүйесі өшірілгеннен кейін, ол 12260 мм тұрақтандыру жолының бөлігі арқылы өтеді, бұл арбаның дөңгелектері арасындағы қашықтықты стандартты теміржол жолынан кең жолға өзгертеді. Бұл ауыспалы теміржолдың еден жоспары келесідей. Жолдың ені өзгертін Рельс Ойық тәрізді бөліктен жасалған, ол жолдың кеңеюі кезінде дөңгелекті қолдау үшін әдеттегі бағыттаушыдан ерекшеленеді және оның көлденең қимасы көрсетілген.



Сурет 8. Шығару және тұрақтандыру секциясының және жолдың көлденең қимасының түрі

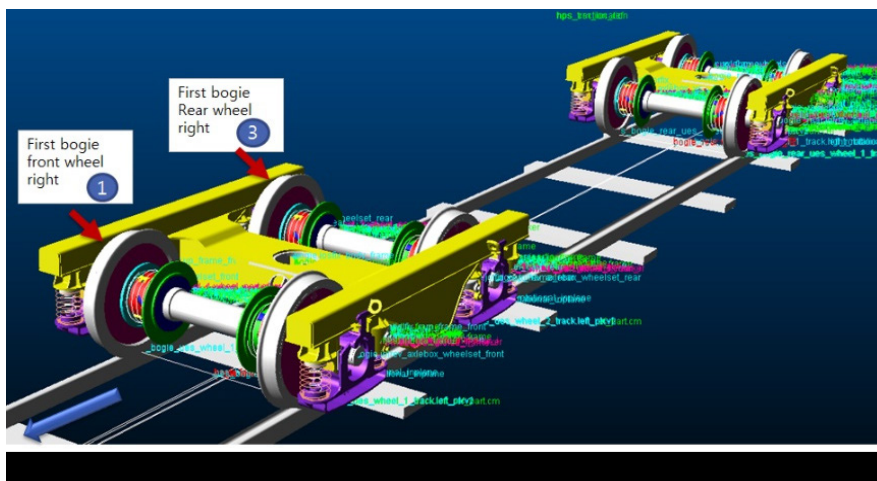
Түсіру және тұрақтандыру бөліміндегі теміржол жолы UIC 60 рельсімен бірдей материалдан жасалған. Оның беріктігі жоғары болаттың қасиеттері бар: 880 МПа созылу беріктігі және 580 МПа кірістілік шегі. Соңғы элементтерді талдау үшін тұрақтандыру рельс бөлімінде ойық бөліміндегі айнымалы ені бар доңғалақ пен өлшеуіш модельденді.

Жасалған торда дөңгелектерге қолданылатын 53 879 элементі бар қатты алтыбұрышты элемент және суретте көрсетілгендей бағыттаушы тұрақтандыру үшін 180 600 элемент пайдаланылды.



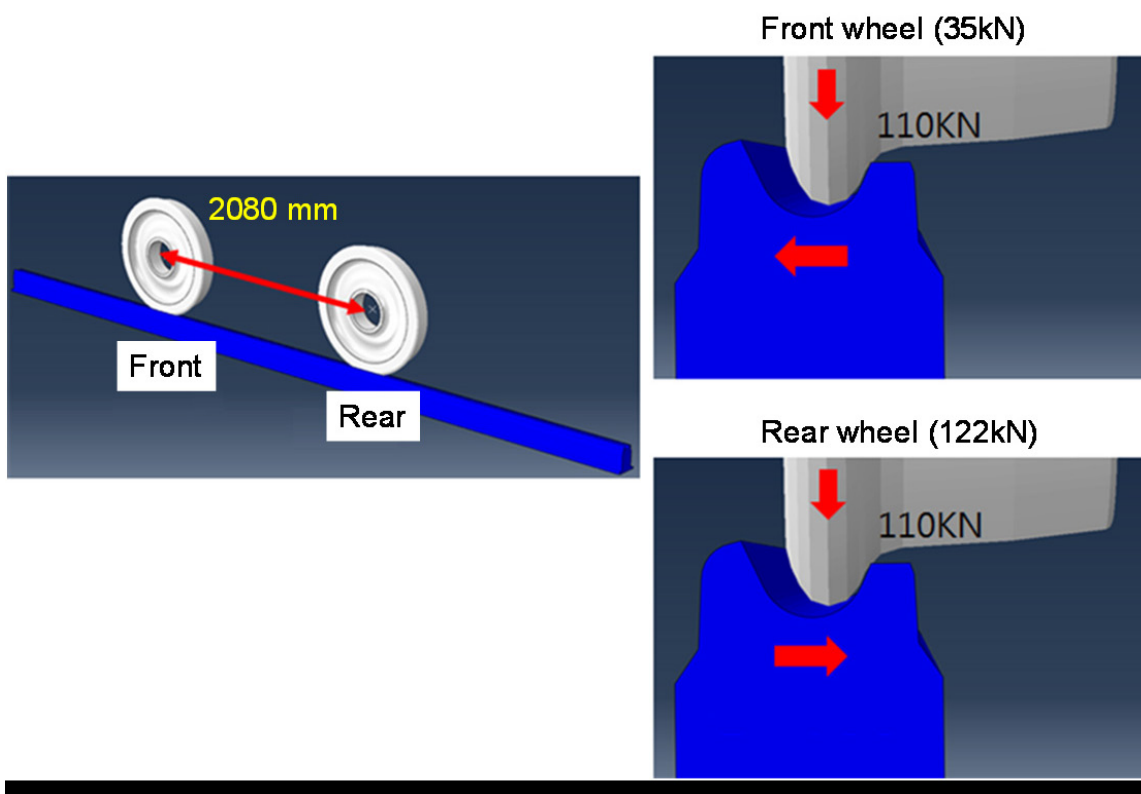
Сурет 9. Арба дөңгелегі мен тұрақтандырушы теміржолдың ақырлы элемент моделі

Бірнеше корпусның динамикалық талдауы арба 10-суретте көрсетілген жалпы калибрді өзгерту учаскесінен 5 км/сағ жылдамдықпен өткенде орындалады. Доңғалақ пен рельс арасындағы әрекет етуші және әрекет етуші күшті өлшеу нәтижелері көп фюзеляжды динамикалық арба мен жолды талдау нәтижесінде алынған, тұрақтандыру жолындағы ойық рельсті талдау үшін кіріс жүктемелері ретінде пайдаланылды. Үш өлшемді модель және көп денелі динамикалық модельдің нөмірленуі 10-суретте көрсетілген, сонымен қатар әр дөңгелекке қолданылатын байланыс күштерінің уақытша тарихы көрсетілген.



Сурет 10. Айнымалы калибрлі арба мен рельсті көп корпусы динамикалық талдау

11-суретте көрсетілген байланыс күшінің тарихына сүйене отырып, жүк пойызының салмағынан 85 кН тік жүктеме қолданылады. Алдыңғы доңғалақта максималды бүйірлік күш сәйкесінше алдыңғы доңғалақ пен артқы доңғалақ үшін 35 кН және 122 кН құрайды. Бұл бүйірлік күштер тұрақтандыру бөліміндегі бүйірлік теңгерімсіздіктен туындайды. Байланыс күшінің тарихына сүйене отырып, артқы доңғалақ алдымен жолға соғылады, алдыңғы доңғалақ жауап береді және ақырында арбаның қозғалысы тұрақтанады. Шынжыр табанды құрылымдық талдау үшін максималды бүйірлік жүктемелер консервативті бағалау үшін KRL-2012 стандартты есептеу жүктемесіндегі байланыс күші мен 110 кН тік күш тарихынан алынады. Жүктеменің шарттары жинақталады.



Сурет 11. Арба дөңгелектерін талдау моделі және тұрақтандыру жолдары және жүктемені қолдану

Біз құрылымдық талдаудан алынған жүктеме нәтижелері айнымалы калибрлі теміржолды тұрақтандыру учаскесіндегі ойық рельске қолданылатын S–N шаршау қисығын қолдана отырып, рельстің шаршау ресурсын болжауды көздедік. Алдыңғы бөлімде сипатталған рельстердің негізгі кернеулерінің максималды мәндері келесідей жинақталады.

- Ойық рельстің сыртқы беті: 39,1 МПа (максималды негізгі кернеу)
- Ойық рельстің ішкі беті: 67,4 МПа (максималды негізгі кернеу)
- Ойық рельстің төменгі беті: 37,3 МПа (максималды негізгі кернеу)
- Теміржол дөңгелегі арасындағы максималды байланыс қысымы: 534 МПа

Болжалды төзімділік шегі шамамен 180 МПа болғанда, негізгі кернеудің максималды деңгейі 67,3 МПа шаршау проблемаларын тудыруы екіталай. Алайда, өзгертілген Шахтер ережесіне негізделген шаршаудың беріктігін бағалау үнемдеу мақсатында жүзеге асырылды. Содербергтің шаршау критерийлерін қолдана отырып, шаршау жағдайларының болжамды саны 39 878 000 болды. 16 жүк пойызы күніне 100 рет жүреді деп есептесек, бұл жылдық қызмет мерзіміне тең.

Бұл нәтижелер динамикалық талдау нәтижесінде есептелген тік және бүйірлік жүктемелер жүктемеге KRL-2012 жобалық талаптарынан аз болатын жүктеме жағдайында да болжанады. Атап айтқанда, ойықтары бар рельстің көлденең қимасының модулі кәдімгі рельске қарағанда үлкенірек, бұл тік жүктемеден туындаған иілу кернеуі шамалы екенін көрсетеді.

Дөңгелектер мен теміржолдар арасындағы байланыс қысымын есептеу нәтижесінде максималды байланыс қысымы 534 МПа деңгейінде болады және мұны «Байланыс қысымы және қызмет ету мерзімі» анықтамалығындағы мәліметтермен салыстыруға болады, онда байланыс қысымының циклдарға тәуелділік қисығы 1 орташа баллдан төмен байланыс қысымы деңгейінде 104 миллион циклды көрсетеді. Анықтамалықтағы мәліметтерге сүйене отырып, 534 МПа байланыс қысымы деңгейінде тозу салдарынан шаршаудың бұзылуы күтімесе де, байланыс аймағындағы шаршаудың бұзылуы беттің күйіне және сыртқы жағдайларға байланысты, сондықтан бетті майлау және техникалық қызмет көрсету үнемі жүргізілуі керек.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Romanov A.V., Shekhtman E.I. To the question of the interaction of the path and rolling stock at high-speed train traffic // Bulletin the results of scientific research. – 2013. – No. 3 (8). – S. 48-53.
2. Ustemirova R.S., Kainarbekov A.K., Kaspakbaev K.S., Asanov A.A. Agitators of vibrations and issues of disturbance of rolling stock state of the way // Industrial transport of Kazakhstan. – Almaty, 2020. – No. 2 (67). – S. 66-71.
3. Rabsztyn M. Shinkansen – pół wieku dużych prędkości w Japonii. // Technika Transportu Szynowego. – 2015. – № 4. – S. 24-29.
4. China's Continent-Spanning Trains Are Running Half-Empty. <http://foreignpolicy.com> (өтініш берілген күн: 05.06.2017)
5. Yang D., Pan K., Wang Sh. On service network improvement for shipping lines under the one belt one road initiative of China // Transportation Research. Part E: Logistics and Transportation Review. – 2018. – Vol. 117. – P. 82-95.
6. Nazarko J., Kuźmicz K.A. Introduction to the STEEPVL analysis of the New Silk Road Initiative // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 182. – P. 497-503.
7. The modern silk road: one way or another, On wider Europe, The German Marshall Fund of the United States. <http://www.gmfus.org> (өтініш берілген күн: 30.11.2018)
8. Graff Marek Pociągi dużej prędkości Talgo 250 dla kolei rosyjskich RZD // Technika Transportu Szynowego. – 2015. – № 6. – S. 34-37.
9. Fortea Pedro 25 years of high-speed rail in Spain: a beacon of international reference // European Railway Review. – 2017. – № 3. – S. 14-15.

10. Harassek Andrzej Rozwój kolei dużych prędkości w Europie // Technika Transportu Szynowego. – 2015. – № 4. – S. 34-42.

11. Agamez-Arias Intermodal transport in freight distribution: a literature review // Transport Reviews. – 2017. – No. 37 (6). – R. 782-807.

Исследование систем модификации железнодорожных калибров

К.Г. Балабекова, А.Б. Забиева, А.Б. Оразалина

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

Аннотация. В статье исследуются системы модификации железнодорожных калибров. В настоящее время при переходе из одной страны в другую стандартные рельсы трансформируются в железнодорожные реле от 1435 мм до 1520 мм. В результате расчета контактного давления между колесами и железными дорогами максимальное контактное давление было на уровне 534 МПа, и это можно сравнить с данными в справочнике «контактное давление и срок службы», где кривая зависимости контактного давления от циклов показывает 104 миллиона циклов на уровне контактного давления ниже среднего балла 1. Исходя из данных в справочнике, хотя нарушения усталости из-за износа не ожидаются при уровне контактного давления 534 МПа, нарушения усталости в зоне контакта зависят от состояния поверхности и внешних условий, поэтому было решено, что смазка и техническое обслуживание поверхности должны проводиться регулярно.

Ключевые слова: железная дорога, лебедка, выходной диск, рельс, фон Мизеса, рифленый рельс, калибр, жесткость, нагрузка, разблокировка.

Research of railway gauge modification systems

K. Balabekova, A. Zabiyeva, A. Orazalina

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

Abstract. The article examines the modification systems of railway gauges. Currently, when moving from one country to another, standard rails are transformed into railway relays from 1435 mm to 1520 mm. As a result of calculating the contact pressure between wheels and railways, the maximum contact pressure was at the level of 534 MPa, and this can be compared with the data in the reference book “contact pressure and service life”, where the curve of the dependence of contact pressure on cycles shows 104 million cycles at the contact pressure level below the average score of 1. Based on the data in the handbook, although fatigue disorders due to wear are not expected at a contact pressure level of 534 MPa, fatigue disorders in the contact zone depend on the condition of the surface and external conditions, therefore it was decided that lubrication and maintenance of the surface should be carried out regularly.

Keywords: railway, winch, output disc, rail, Mises background, corrugated rail, gauge, stiffness, load, unlocking.

References

1. Romanov A.V., Shekhtman E.I. To the question of the interaction of the path and rolling stock at high-speed train traffic // Bulletin the results of scientific research. – 2013. – No. 3 (8). – S. 48-53.

2. Ustemirova R.S., Kainarbekov A.K., Kaspakbaev K.S., Asanov A.A. Agitators of vibrations and issues of disturbance of rolling stock state of the way // Industrial transport of Kazakhstan. – Almaty, 2020. – No. 2 (67). – S. 66-71.

3. Rabsztyn M. Shinkansen – pół wieku dużych prędkości w Japonii. // Technika Transportu Szynowego. – 2015. – № 4. – S. 24-29.

4. China’s Continent-Spanning Trains Are Running Half-Empty. <http://foreignpolicy.com> (Accessed: 05.06.2017)

-
5. Yang D., Pan K., Wang Sh. On service network improvement for shipping lines under the one belt one road initiative of China // *Transportation Research. Part E: Logistics and Transportation Review*. – 2018. – Vol. 117. – P. 82-95.
 6. Nazarko J., Kuźmich K.A. Introduction to the STEEPVL analysis of the New Silk Road Initiative // *Procedia Engineering*. – 2017. – Vol. 182. – P. 497-503.
 7. The modern silk road: one way or another, On wider Europe, The German Marshall Fund of the United States. <http://www.gmfus.org> (Accessed: 30.11.2018)
 8. Graff Marek Pociągi dużej prędkości Talgo 250 dla kolei rosyjskich RZD // *Technika Transportu Szynowego*. – 2015. – № 6. – S. 34-37.
 9. Fortea Pedro 25 years of high-speed rail in Spain: a beacon of international reference // *European Railway Review*. – 2017. – № 3. – S. 14-15.
 10. Harassek Andrzej Rozwój kolei dużych prędkości w Europie // *Technika Transportu Szynowego*. – 2015. – № 4. – S. 34-42.
 11. Agamez-Arias Intermodal transport in freight distribution: a literature review // *Transport Reviews*. – 2017. – No. 37 (6). – R. 782-807.

Авторлар туралы мәлімет:

К.Г. Балабекова – PhD, қауымдастырылған профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтбаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

А.Б. Забиева – т.ғ.к., доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтбаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

А.Б. Оразалина – аға оқытушысы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтбаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

К.Г. Балабекова – PhD, ассоциированный профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

А.Б. Забиева – к.т.н., доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

А.Б. Оразалина – старший преподаватель, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

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

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

A. Orazalina – senior lecturer, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

А.Б. Увалиева^{1*}, О.Г. Киселева¹, Н.Г. Ескожанова², Юн Чэнь³

¹Алматы Менеджмент Университеті, Алматы, Қазақстан

²Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы, Қазақстан

³Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан

E-mail: *a.uvaliyeva@almu.edu.kz

Теміржол көлігінде қозғалыс қауіпсіздігін басқару жүйесін жетілдірудің келешекті бағыттары

Қауіпсіздік үшін және оның жоқтығы үшін төлеуіңіз керек
У. Черчилль

Аңдатпа. Мақала қозғалыс қауіпсіздігін кепілді қамтамасыз ету деңгейін өсірдің өзекті мәселелеріне арналған. Мақаланың мақсаты – қозғалыс қауіпсіздігін бұзу бойынша жағдайлардың туындау қаупін кемітуге мүмкіндік беретін жүйелі тәсілді әзірлеу болып табылады. Мақалада теміржол көлігінде жүзеге асырылатын қозғалыс қауіпсіздігінің деңгейін өсіруге ықпал ететін шаралардың тиімділігін талдау нәтижелері көрсетілген. Қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша мақсаттарға жету үшін жүйелік тәсілді іске асыру тиімді екені анықталған. Жүйелік тәсіл тәуекелдерді-менеджмент құралдарын қолдануға, қауіпсіздіктің оң мәдениетін және процесстік тәсілді дамытуға негізделген.

Зерттеудің нәтижесі болып екі өзара тәуелді блоктан тұратын «Қозғалыс қауіпсіздігінің матрицасы» болып табылады. Блок 1-ге тасымалдау процесін қамтамасыз ететін элементтерді енгізу ұсынылады – бұл қызметкерлер, жылжымалы құрам және инфрақұрылым. Блок 2-ге тасымалдау процесінің қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ететін элементтер енгізілген, технологиялық процесс, қызметті жақсарту, құқық қолдану және бақылау. Берілген матрица қауіпсіздікті қамтамасыз ету бойынша іс-шараларды тиімді жоспарлауға және іске асыруға мүмкіндік береді, уақытында орындалуын бақылауға, қозғалыс қауіпсіздігі деңгейі мен жай-күйінің динамикасын бағалау үшін қолданылатын шаралардың тиімділігіне мониторинг жүргізуге мүмкіндік береді.

«Қозғалыс қауіпсіздігінің матрицасы» жүйелік тәсіл негізінде теміржол көлігінің кез-келген мекемесіне сәйкес техникалық, ақпараттық, материалдық, адами ресурстар мен мүмкіндіктерге құрастырса болады. Бұл тасымалдау процесіне қатысушылардың іс-әрекеттерін негізгі нәтижеге жеткізу-қозғалыс қауіпсіздігінің деңгейін өсіруге реттеуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: теміржол көлігі, қозғалыс қауіпсіздігі, жүйелік шаралар, тасымалдау процесі, қозғалыс қауіпсіздігін басқару жүйесі.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-154-164

Кіріспе

Көлік саласын дамытудың қазіргі кезеңінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету проблемаларына ерекше назар аударылады. Қауіпсіздікті қамтамасыз ету міндеті – бұл көптеген бағыттарды қамтитын көп факторлы жүйе. Айта кететіні, ғылымның техниканың және технологияның дамуы жалпы қауіпсіздік деңгейіне оң әсерін береді. Бірақ бұл

бағыттар қозғалыс қауіпсіздігін арттыру мәселелерін шешу жолдарымен шектелмейді. Қазіргі уақытта тасымалдау процесінің қауіпсіздігін қамтамасыз етуде адамға ерекше рөл беріледі. Өндірістік қызметтің қауіпсіз деңгейі персоналдың дұрыс іс-әрекетіне, оның технологиялық процестерді меңгеру және басқару қабілетіне тікелей байланысты.

Бүгінгі таңда қозғалыс қауіпсіздігін басқарудың жоғары деңгейіне жету үшін жүйелік шараларды қолдану ең тиімді болып саналады. Жүйелік шаралар қозғалыс қауіпсіздігін бұзу жағдайларының туындау қаупін болдырмауға және азайтуға бағытталған [1-2]. Жүйелі шараларды іске асыру жұмыс істейтін персоналдың есебінен болжанады. Осы мақсатта жұмысшыларды пойыздар қозғалысы мен маневрлік жұмыстың қауіпсіздігін қамтамасыз етуге байланысты процестерді басқаруға, сондай-ақ бақылауды жүзеге асыруға жеткілікті түрде дайындау қажет. Соңғы жылдары дамыған елдердің көптеген теміржолдарында жаңа техника мен технологияларды енгізу үшін қаржыландырудың жеткіліксіздігі байқалады. Осы жағдайларда тасымалдау процесінің қауіпсіздігі жүйелі шараларды белсенді қолдану есебінен қамтамасыз етіледі. Жүйелік шаралардың арқасында шығындар, тәуекелдер мен тиімділік арасындағы оңтайлы теңгерімге қол жеткізіледі. Осылайша, шектеулі қаржылық ресурстар жағдайында қозғалыс қауіпсіздігінің мақсаттарына қол жеткізу үшін жүйелік тәсілді іске асыру тиімді. Бұл тәсіл тәуекел-менеджмент және процесстік басқару құралдарын дамытуға, қауіпсіздіктің оң мәдениетін енгізуге және қозғалыс қауіпсіздігін басқару саласында бірыңғай нормативтік-әдістемелік базаны әзірлеуге негізделген [3-4].

Әдістері

Теміржол көлігінде жүйелік тәсіл қозғалыс қауіпсіздігін басқару жүйесінің (СМБД) жұмыс істеуі арқылы жүзеге асырылады. Бұл жүйе нақты сапалық және сандық мақсаттарды белгілеуге бағытталған және қозғалыс қауіпсіздігін басқару процесіне бірыңғай тәсілдерді қолдануға негізделген.

СМИБ енгізуді басқарудың үздік әлемдік тәжірибесін ескере отырып жүзеге асыру қажет. Бұл тәжірибе қазіргі заманғы басқару принциптері мен әдістерін практикалық қолданумен сипатталады. Мұндай әдістер мен принциптер менеджмент жүйелеріне (ISO 9004, ISO 55001:2015, OHSAS 18001) халықаралық стандарттарда да, IRIS теміржол өнеркәсібінің халықаралық стандартында да белгіленген. Бұл стандарттар қауіпсіздік мақсаттарын және осы мақсаттарға қол жеткізілгенін растайтын тексеру процестерін белгілейді. Темір жолдардың қауіпсіз қызметін қамтамасыз ету мәселелері бойынша көптеген ғылыми зерттеулер дамыған елдерде жұмыс істейтін қабылданған халықаралық стандарттар мен қауіпсіздік жүйелерін талдау негізінде орындалды [5].

Еуропалық Одақта темір жолдарда қауіпсіз қызмет қауіпсіздік менеджменті жүйесінің (Safety Management System. SMS) жұмыс істеуі шеңберінде жүзеге асырылады [6-8]. SMS келесі бағыттар бойынша әрекет етеді:

- қауіпсіздік бойынша жалпы көрсеткіштер (CSI), жалпы мақсаттар (CST), және әдістер (CSM);
- SMS компоненттерінің бірыңғай тізбесі;
- теміржол қауіпсіздігі бойынша стандарттардың бірыңғай кешені (CENELEC Еуропалық комитетінің стандарттары және басқалары);
- теміржол ұйымдарының қауіпсіздігі бойынша сертификаттауға және сертификаттаушы органдарды аккредиттеуге бірыңғай тәсілдер;
- қауіпсіздік жөніндегі бірыңғай дерекқор;
- теміржол көлігінің бірыңғай функционалдық моделі;
- бүкіл жеткізу тізбегі бойынша қауіпсіздікті қамтамасыз ету рәсімі.

ЕО-ға мүше мемлекеттерде барлық теміржол кәсіпорындары мен барлық инфрақұрылым операторлары үшін қауіпсіздікті басқару жүйесін енгізу туралы талапты орындау міндетті болып табылады. Егер жүйе белгіленген критерийлерге сәйкес келсе, онда ол ұлттық органдардың сертификатына жатады. Осы талаптың орындалуы қауіпсіздік

сертификатын немесе қауіпсіздікті авторизациялауды алумен расталады. Қауіпсіздік сертификаты бар әрбір теміржол кәсіпорны өз қызметін жүзеге асырудың қауіпсіздігін растайды. Қауіпсіздік авторизациясын алған әрбір инфрақұрылым операторы теміржол көлігі инфрақұрылымының жобалау, техникалық қызмет көрсету және жұмыс істеу қауіпсіздігін растайды.

Теміржол кәсіпорындары мен инфрақұрылым операторларына қойылатын талаптардан басқа, ЕО-да көлік құралдарына техникалық қызмет көрсету мен пайдалануға жауапты қатысушыларға қойылатын талаптар бар.

ЕО-да қолданыстағы SMS-ті дамытудың перспективалық бағыты жүйенің компоненттерін процесстік басқаруға және тәуекелдерге негізделген қауіпсіздікті басқаруға көшу болып табылады [9].

Қанада теміржолында қауіпсіздікті күнделікті теміржол қызметіне біріктіру үшін негіз ретінде SMS жұмыс істейді. Жүйенің қауіпсіздік мақсаттары мен тиімділік көрсеткіштерін, тәуекелдерді бағалауды, жауапкершілік пен міндеттемелерді, процедуралар мен ережелерді, сондай-ақ өнімділікті бақылау және бағалау процестерін қамтиды. Канадада тасымалдаушылардың жылжымалы құрам операторларының және инфрақұрылым операторларының, тармақ иелерінің SMS-теріне әртүрлі талаптар қойылады. Тасымалдаушыға ең жоғары талаптар, кірме жолдарда жұмыс істейтін компанияларға ең аз талаптар қойылады. Теміржолды пайдалану, қызмет көрсету немесе теміржол жабдықтарын пайдалану құқығын жүзеге асыру үшін қатысушыларға теміржолды пайдалану сертификатын алу қажет. Бүгінгі таңда Канада теміржолында жұмыс істейтін SMS тек жеке оқиғаларға қатысты мәселелерді шешуден асып, қозғалыс қауіпсіздігін басқару үшін жалпы процестерді қарастыруға көшуге мүмкіндік береді.

Болашақта SMS жаңа және туындайтын тәуекелдерді анықтауға және оларды оқиға болғанға дейін басқаруға мүмкіндік беруі керек, бұл ретроспективті тәсілден болжамға ауысады. Бұл өзгеріске қол жеткізудің маңызды бөлігі негізгі көрсеткіштерді түсіну және анықтау (нақты оқиғалармен салыстырғанда қауіпсіздіктің ықтимал мәселелері) және жақсартылған жүйенің осы тәуекелдерді қалай жеңе алатынын бағалау болып табылады.

Канаданың теміржол саласында тиімді қозғалыс қауіпсіздігі мәдениеті құрылды.

Қауіпсіздік құндылықтары барлық операциялық деңгейлердегі басшылар мен қызметкерлердің санасында берік орныққан және олар өз міндеттерін орындау кезінде қызметкерлердің санасында берік орныққан және олар міндеттерін орындау кезінде күнделікті сақталады. Қауіпсіздік мәдениетін жетілдірудің перспективалық бағыттары темір жол компаниясында жауапты басшыны тағайындау, қауіпсіздікті тұрақты мониторингтеу және тұрақты бағалау, сондай-ақ қызметкерлер мен кәсіподақтардың белсенді қатысуы болып табылады.

Ресей темір жолдарындағы қозғалыс қауіпсіздігін басқару СМБД құру арқылы да жүзеге асырылады. Жұмыс істеп тұрған СМБД мақсаттары:

- қозғалыс қауіпсіздігінің жай-күйін жақсарту және тасымалдау сенімділігін арттыру;
- тасымалдау процесінің барлық қатысушылары үшін қауіпсіздікті басқарудың бірыңғай әдістерін қолдану;
- қауіпсіздікті басқарудың халықаралық жүйелеріне сәйкес тәсілдер мен талаптарды іске асыру.

СМБҚ тасымалдау процесіне қатысушылардың өзара іс-қимылының бірыңғай тәсілі мен бірыңғай қағидаттарын қамтиды. Қолданыстағы СМБД-да жүйелі шараларды іске асыру үшін тәуекелге бағдарланған тәсілді және қозғалыс қауіпсіздігі мәдениетін дамыту кеңінен көзделеді. Мысалы, тәуекелге негізделген қауіпсіздікті басқару қозғалыс қауіпсіздігінің бұзылуынан болатын залалдардың саны мен мөлшерін ескеруге мүмкіндік береді. Бұл басқару шешімдерін қабылдау кезінде тәуекелдің мөлшері мен оның алдын алу шығындарын салыстыруға мүмкіндік береді. Бұл шараны қолдану әсіресе шектеулі ресурстар жағдайында тиімді.

Адам факторының қозғалыс қауіпсіздігіне әсерін азайту үшін профилактикалық жұмыста қолданылатын жүйелі тәсіл де тиімді. Қызметкерлердің қызметін нормативтік сүйемелдеу, аудит жүргізу, корпоративтік сертификаттау, қызметкерлердің құзыреттілігін арттыру – осының барлығы қозғалыс қауіпсіздігі мәдениетінің жетілуіне және әрбір қызметкердің жауапкершілігіне ықпал етеді. Ол үшін ұжымдарда сенімді атмосфера құрылады және ашық қолжетімділік пен ақпарат алмасу қамтамасыз етіледі.

Ресей темір жолдарында жүйелік шаралардың тиімділігі RAMS (reliability, availability, maintainability and safety; сенімділік, дайындық, жөндеуге жарамдылық және қауіпсіздік), уран (инфрақұрылым объектілері мен жылжымалы құрамның өмірлік циклі кезеңдеріндегі ресурстарды, тәуекелдерді және сенімділікті басқару) және «Тірі мәдениет» сияқты жобалардың сәтті іске асырылуымен расталады.

SMBD-дегі жүйелік тәсіл негізгі модельдерді қолдануда байқалады [10]:

- SHELL моделі (Software-Hardware-Environment – Liveware) - факторлық модель, қозғалыс қауіпсіздігіне әсер ететін компоненттерден тұрады және олардың өзара байланысын бағалауға мүмкіндік береді. Бұл модель адам факторы тұрғысынан қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету тәсілін көрсетеді. Модельдің басқа компоненттерімен (L-L, L-S, L-H, L-E) өзара әрекеттесу кезінде жұмысшылардың мінез-құлқы мен қабілеттерін және тәуекелдерін есепке алу жүйенің мүмкін болатын ақауларын азайтуға мүмкіндік береді.

- PDCA моделі (plan-do – Check-Act) - процестер мен өнімдердің сапасын үздіксіз жақсартуға мүмкіндік беретін итеративті төрт сатылы басқару циклі. Бұл модель қозғалыс қауіпсіздігін басқарумен байланысты мәселелерді зерттеу үшін кеңінен қолданылады.

Мақалада қауіпсіздіктің факторлық моделі мен процесстік тәсілге негізделген қауіпсіздікті басқарудың икемді формасын әзірлеу арқылы жүзеге асырылатын іс-шаралардың тиімділігін арттыруға тырысады. Ұсынылған нысанды кез-келген теміржол бөлімшесінің қызметіне оңай бейімдеуге болады.

Нәтижелер мен талқылаулар

Қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ететін жүйелі шараларды зерттеу барысында жекелеген теміржол бөлімшелері үшін жүйелі шараларды іске асырудың тәжірибелік жоспарын әзірлеу қажеттілігі анықталды.

Осы мақсатта авторлар екі өзара тәуелді блокты қамтитын қарапайым, бірақ мазмұны жағынан сыйымды «Қозғалыс қауіпсіздігі матрицасын» қолдануды ұсынылады. 1 – блокқа тасымалдау процесін қамтамасыз ететін элементтерді енгізу ұсынылады – бұл персонал, жылжымалы құрам және инфрақұрылым. 2-блокқа тасымалдау процесінің қауіпсіздігін қамтамасыз ететін элементтер енгізілді – бұл нормативтік база, технологиялық процесс, құқық қолдану және бақылау, қызметті жақсарту.

Әзірленген «Қозғалыс қауіпсіздігі матрицасы» 1-суретте көрсетілген. Элементтердің қиылысу бағандарында осы элементтердің өзара байланысы кезінде қауіпсіздік деңгейін арттыруға мүмкіндік беретін шаралар көрсетілген.

		Тасымалдау процесінің қауіпсіздігін қамтамасыз ететін элементтер			
		Нормативтік-құқықтық база	Технологиялық процесс	Құқық қолдану, бақылау	Қызметтерді жақсарту
Тасымалдау процесін қамтамасыз ететін элементтер	Қызметкерлер	Теміржол көлігін ұстау және техникалық пайдалану нормативтік құжаттары, нұсқаулықтары, нормалары мен ережелері	Технологиялық операцияларды жүргізу тәртібі	Бөлімше басшыларының және тексеру аппаратының қызметкерлердің нормалар мен ережелерді сақтауын бақылауы	Біліктілікті арттыру, техникалық сабақтар өткізу, аттестаттау
	Жылжымалы құрам	Пайдалануға рұқсат беру, сертификаттау және декларациялау стандарттары, ұстау нормалары және техникалық пайдалану ережелері	Жылжымалы құрамға техникалық қызмет көрсету және жөндеу тәртібі мен технологиясы	Техникалық тексерулер жүргізу, пайдалану мерзіміне сәйкес жөндеулердің орындалу кезеңділігін бақылау	Жылжымалы құрамның техникалық жай-күйін бақылаудың заманауи құралдарын енгізу
	Инфрақұрылым	Пайдалануға рұқсат беру, сертификаттау және декларациялау стандарттары, ұстау нормалары және техникалық пайдалану ережелері	Инфрақұрылым объектілері мен құрылғыларына қызмет көрсету тәртібі мен технологиясы	Комиссиялық тексерулер жүргізу, пайдалану мерзіміне сәйкес жөндеулердің орындалу кезеңділігін бақылау	Инфрақұрылым объектілерінің техникалық жай-күйін бақылаудың зияткерлік жүйелерін енгізу

Сурет 1. «Қозғалыс қауіпсіздігінің матрицасы»

Матрицадағы ұсынылған элементтер бөлімшелердің ресурстары мен мүмкіндіктеріне байланысты реттелуі мүмкін.

Бұл матрица қауіпсіздікті қамтамасыз ету жөніндегі іс-шараларды оңтайлы жоспарлауға және іске асыруға, олардың орындалуын уақтылы бақылауды жүзеге асыруға, қозғалыс қауіпсіздігі деңгейі мен жай-күйінің динамикасын бағалау үшін қолданылатын шаралардың тиімділігіне мониторинг жүргізуге мүмкіндік береді. Өрі қарай, матрица элементтерінің өзара әрекеттесуі кезінде әр іс-шаралар блогын ұқыпты әзірлеу ұсынылады. 1-кестеде жекелеген теміржол бөлімшелері үшін жүйелік шараларды іске асырудың элементтік жоспарының мысалы келтірілген.

Кесте 1. Қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі жүйелі шараларды іске асыру жоспары

Матрица элементтерінің өзара әрекеттесуі		Қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі іс-қимылдар	Нәтиже
Қызметкерлер	Нормативтік-құқықтық база	нормативтік-құқықтық актілерді әзірлеу және енгізу, оларды дұрыс қолдану бойынша түсіндіру	хабардарлықтың немесе надандықтың салдарынан қозғалыс қауіпсіздігінің бұзылу жағдайларын болдырмау
		қызметкерлерді кәсіби қызметке жіберу жөніндегі заңнамалық нормалар	медициналық көрсеткіштер, кәсіптік даярлық деңгейі бойынша қызметке жіберуді болдырмау
		темір жол көлігі қызметін мемлекеттік саясатты және нормативтік-құқықтық реттеуді әзірлеу	қызметін бақылау және қадағалау, қабылданған заңдар мен заңға тәуелді актілерді іске асыру үшін бірыңғай мемлекеттік жүйе
	Технологиялық процесс	технологиялық операцияларды өндіру регламентін орындау	технологиялық процестерді сақтамау себебінен тасымалдау процесінде кідірістер мен іркілістерге жол бермеу
		қауіпсіздік талаптарын орындау	өндірістік жарақаттану деңгейін төмендету
		еңбекті қорғау талаптарын орындау	қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың әсерін азайту (Шу, жарық, температура, дiрiл және т. б.)
	Құқық қолдану, бақылау	бөлімше басшыларының қызметкерлердің нормалар мен ережелерді сақтауын бақылауы	қозғалыс қауіпсіздігінің бұзылуының алдын алу бойынша профилактикалық жұмыс: Еңбек және технологиялық тәртіптің бұзылуының себептерін анықтау, қауіпсіздік мәдениетін қалыптастыру
		тексеру аппаратының қызметкерлердің нормалар мен ережелерді сақтауын бақылау	қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі нормативтік құжаттардың талаптарын орындау үшін жауапкершілік
	Қызметтерді жақсарту	біліктілікті арттыру	жаңа техникалық құрылғылармен және технологиялармен жұмыс істеу дағдыларын үйрету
		аттестаттау	нормативтік құжаттардың білімін тексеру
		техникалық сабақтар өткізу	қозғалыс қауіпсіздігін бұзу жағдайларын болдырмау үшін стандартты емес және авариялық жағдайларда әрекет ету дағдыларын пысықтау

Матрица элементтерінің өзара әрекеттесуі		Қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі іс-қимылдар	Нәтиже
Жылжымалы құрам	Нормативті-құқықтық база	пайдалануға рұқсат беру стандарттары	ықтимал қауіпті жылжымалы құрамды пайдалануға жіберуді болдырмау
		сертификаттау және декларациялау	қауіпсіз жылжымалы құрамды пайдалану кепілдігі
		ұстау нормалары және техникалық пайдалану ережелері	пойыздардың беріктігі, тұрақтылығы және техникалық жай-күйі бойынша қауіпсіз және тегіс қозғалысын қамтамасыз ету
	Технологиялық процесс	жылжымалы құрамға техникалық қызмет көрсету және жөндеу тәртібі мен технологиясы	вагондардың қауіпсіз кепілдік жүруін қамтамасыз ету
			жүру жолында жылжымалы құрамға техникалық қызмет көрсету сапасын бақылау
	Құқық қолдану, бақылау	жүру жолындағы жылжымалы құрамның техникалық жай-күйін бақылау	ақаулы жылжымалы құрамды пайдаланудан алу
жылжымалы құрамға тікелей қызмет көрсететін теміржол көлігі қызметкерлерінің жарамды техникалық жай-күйі мен техникалық қызмет көрсетуі үшін жауапкершілігі			
Қызметтерді жақсарту	техникалық тексерулер жүргізу, пайдалану мерзіміне сәйкес жөндеулердің орындалу кезеңділігін бақылау	жылжымалы құрам иелерінің жарамды техникалық жай-күйі, жөндеуі және белгіленген қызмет мерзімдерін қамтамасыз етуі үшін жауапкершілігі	
		жылжымалы құрамның техникалық жай-күйін бақылаудың заманауи құралдарын енгізу	жылжымалы құрамның тораптары мен бөлшектерінің алдын ала жай-күйін анықтау

Матрица элементтерінің өзара әрекеттесуі		Қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі іс-қимылдар	Нәтиже
Инфрақұрылым	Нормативті-құқықтық база	пайдалануға рұқсат беру стандарттары	бекітілген жобалау және конструкторлық құжаттаманың сәйкестігі
		сертификаттау және декларациялау	техникалық регламенттерге, нормалар мен ережелерге сәйкестігі
		ұстау нормалары және техникалық пайдалану ережелері	Инфрақұрылым иелерінің құрылғылар мен құрылыстарды жарамды техникалық жағдайда ұстауы
	Технологиялық процесс	инфрақұрылым объектілері мен құрылғыларына қызмет көрсету тәртібі мен технологиясы	белгіленген талаптарды сақтай отырып, құрылғылар мен құрылыстарды күтіп-ұстаудың, техникалық қызмет көрсетудің және жөндеудің тиісті сапасын қамтамасыз ету
	Құқық қолдану, бақылау	комиссиялық тексерулер жүргізу	техникалық құрылғыларды дұрыс пайдаланбау себебінен кідірістер мен іркілістерге жол бермеу
		пайдалану мерзіміне сәйкес жөндеу жұмыстарының мерзімділігін бақылау	инфрақұрылым объектілерін тиісінше ұстамаудың себептері мен жағдайларын сипаттайтын ақпаратты жинау және талдау, сондай-ақ инфрақұрылым объектілерін оларға белгіленген нормативтік құқықтық актілердің талаптарына сәйкес келтіру бойынша тиісті түзету және ескерту шараларын әзірлеу
Қызметтерді жақсарту	инфрақұрылым объектілерінің техникалық жай-күйін бақылаудың зияткерлік жүйелерін енгізу	Инфрақұрылым иелерінің жарамды техникалық жай-күйі, жөндеуі және пайдаланудың белгіленген мерзімдерін қамтамасыз етуі үшін жауапкершілігі	
		инфрақұрылым элементтері мен құрамдас бөліктерінің құрылыстары мен құрылғыларының алдын ала жай күйін анықтау	

Ұсынылған іс-шаралар ұсынылған іс-шаралардың шығындары мен пайдасын талдау нәтижелері негізінде қауіпсіздікті қамтамасыз етудің ағымдағы жағдайы мен деңгейіне қарай түзетілуі мүмкін.

Қорытынды

Ұсынылған әдіс бөлімшеде қауіпсіздікті басқару моделін құрудың бастапқы нүктесі бола алады, қозғалыс қауіпсіздігін бұзу жағдайларын азайту үшін қажетті қызмет бағыттарын жүзеге асыру жоспарын белгілей алады.

«Қозғалыс қауіпсіздігі матрицасын» әзірлеу кезінде қауіпсіздіктің факторлық моделінің негізгі компоненттеріне процестік тәсіл қолданылды. Матрицада маңызды орын тәуекелдерді басқару және қауіпсіздік мәдениеті құралдарын тиімді пайдалануға арналған. Ұсынылған барлық шаралар қозғалыс қауіпсіздігін басқару жүйесінің ажырамас бөлігі болып табылады. Бұл шаралар қызметкерлерді қауіпсіздіктің оң мәдениеті қағидаттарында өндірістік қызметке сапалы жаңа көзқарастарына бағыттайды.

Жүйелік тәсіл негізінде «Қозғалыс қауіпсіздігі матрицасы» кез-келген теміржол көлігі кәсіпорыны үшін қолда бар техникалық, ақпараттық, материалдық, адами ресурстар мен мүмкіндіктерге сәйкес жасалуы мүмкін. Бұл тасымалдау процесіне қатысушылардың қызметін негізгі нәтижеге-қозғалыс қауіпсіздігі деңгейін арттыруға үйлестіруге мүмкіндік береді.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Бекжанова С.Е., Урсарова А.К., Абжапбарова А.Ж., Даньярова А.С. Тенденции управления производственной безопасностью на железных дорогах РК // Вестник ЕНУ имени Л.Н. Гумилева. Серия «Технические науки и технологии». – 2022. – №3. – С. 62-69.
2. Read G.J.M., Naweed A., Salmon P.M. Complexity on the rails: A systems-based approach to understanding safety management in rail transport // Reliability Engineering & System Safety. – 2019. – Vol. 188, P. 352-365.
3. Токмурзина-Коберняк Н.А., Киселева О.Г., Вахитова Л.В. Концепция развития системы управления безопасностью на железнодорожном транспорте // Вестник КазАТК. – 2020. – № 4. С.144-153.
4. Anastacio Pinto Goncalves Filho, Patrick Waterson. Maturity models and safety culture // A critical review. Safety Science. – 2018. – Vol. 105, P. 192-211.
5. Wiczorek S., Pałka K., Grabowska-Bujna B. A model of strategic safety management in railway transport based on Jastrzebska Railway Company Ltd // Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. – 2018. – Vol. 98, P. 201-210.
6. Богданович С.В., Киселева О.Г. Система управления безопасностью движения на железных дорогах в государствах-членах ЕС // Политранспортные системы: материалы XI международной научно-технической конференции. - Новосибирск, 2020. – С.276-280.
7. Киселева О.Г., Альтаева Ж.Ж., Кунебаев А.Д. Европейская практика внедрения риск-менеджмента в систему управления безопасностью на железнодорожном транспорте // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – №4. – С.175-183.
8. Вахитова Л.В., Киселева О.Г. Европейская модель культуры безопасности на железнодорожном транспорте // Политранспортные системы: материалы XI международной научно-технической конференции. – Новосибирск, 2020. – С.281-284.
9. Elise G.C. Crawford, Ryan L. Kift. Keeping track of railway safety and the mechanisms for risk // Safety Science. – 2018. – Vol. 110. – Part B. – P. 195-205.
10. Руководство по системе управления производственной безопасностью в акционерном обществе «Национальная компания «Қазақстан темір жолы» и его дочерних организациях [Электрон. ресурс]. - 2017. – URL: <https://railways.kz/img/ac01dae8-d7df-468a-bf1f-1c5f0b7955e3.pdf> (өтініш берілген күн: 30.03.2023).

Перспективные направления совершенствования системы управления безопасностью движения на железнодорожном транспорте

А.Б. Увалиева^{1*}, О.Г. Киселева¹, Н.Г. Ескожанова², Ю. Чэнь³

¹Алматы Менеджмент Университет, Алматы, Казахстан

²Казахский автомобильно-дорожный институт, Алматы, Казахстан

³Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан

Аннотация. Статья посвящена актуальным вопросам повышения уровня гарантированного обеспечения безопасности движения. Целью является разработка системного подхода, позволяющего снизить риски возникновения случаев нарушения безопасности движения. В статье представлены результаты анализа эффективности реализуемых мероприятий на железнодорожном транспорте, способствующих повышению уровня безопасности движения. Установлено, что для достижения целей безопасности движения наиболее эффективна реализация системного подхода. Системный подход основан на применении инструментов риск-менеджмента, развития позитивной культуры безопасности и процессного подхода.

Результатом исследования является «матрица безопасности движения», которая включает два взаимозависимых блока. В блок 1 предлагается внести элементы, обеспечивающие перевозочный процесс – это персонал, подвижной состав и инфраструктура. В блок 2 – внесены элементы, обеспечивающие безопасность перевозочного процесса – это нормативная база, технологический процесс, улучшение деятельности, правоприменение и контроль. Данная матрица даст возможность оптимально планировать и реализовывать мероприятия по обеспечению безопасности, осуществлять своевременный контроль за их выполнением, проводить мониторинг эффективности применяемых мер для оценки динамики уровня и состояния безопасности движения.

«Матрица безопасности движения» на основе системного подхода может быть составлена для любого предприятия железнодорожного транспорта в соответствии с имеющимися техническими, информационными, материальными, людскими ресурсами и возможностями. Это позволит скоординировать деятельность участников перевозочного процесса на достижение главного результата - повышение уровня безопасности движения.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, безопасность движения, системные меры, перевозочный процесс, система управления безопасностью движения.

Promising directions using the management system railway traffic safety

A. Uvaliyeva^{1*}, O. Kisselyova¹, N. Yeskozhanova², Chen Yong³

¹Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan

²Kazakh Automobile and Road Institute, Almaty, Kazakhstan

³Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan

Abstract. The article is devoted to the actual issues of increasing the level of guaranteed traffic safety. The purpose of the article is to develop a systematic approach that allows to reduce the risk of traffic safety violations. The article shows the results of the analysis of the effectiveness of the measures that contribute to increasing the level of traffic safety implemented in railway transport. It has been determined that the implementation of a system approach is effective for achieving the goals of ensuring traffic safety. The systemic approach is based on the use of risk-management tools, the development of a positive safety culture and a process approach.

The result of the study is the “Traffic Safety Matrix” consisting of two interdependent blocks. In Block 1, it is recommended to introduce the elements that support the transportation process - these are personnel, rolling stock and infrastructure. Block 2 includes elements that ensure traffic safety of the transportation process, technological process, service improvement, law enforcement and control. The provided matrix allows for effective planning and implementation of safety measures, monitoring of timely execution, monitoring of the effectiveness of measures used to assess the dynamics of the level and condition of traffic safety.

“Traffic safety matrix” can be compiled on the basis of a systematic approach to technical, informational, material, human resources and capabilities of any institution of railway transport. This allows to adjust the actions of the participants in the transport process to the main result - increasing the level of traffic safety.

Keywords: railway transport, traffic safety, system measures, transportation process, traffic safety management system.

References

1. Bekganova S.E., Ursarova A.K., Abgaparova A.G., Danyarova A.S. Tendencee upravleniya proizvodstvennoy bezopasnostyu na geleznyih dorogah RK // VESNIK ENU imeni L.N. Gumileva. Seriya tehnikheskie nauki I tehnologii 2022. – №3. – С. 62-69.
2. Read G.J.M., Naweed A., Salmon P.M. Complexity on the rails: A systems-based approach to understanding safety management in rail transport // Reliability Engineering & System Safety. – 2019. – Vol. 188, P. 352-365.
3. Tokmurzina-Kobernyak N.A., Kisselyova O.G., Vahitova L.B. Koncepciyarazvitiya sistemi upravleniya ezopasnostyu na geleznodorognom transporte // Vestnik KazATK. – 2020. – № 4, С.144-153.

4. Anastacio Pinto Goncalves Filho, Patrick Waterson. Maturity models and safety culture // A critical review. Safety Science. – 2018. – Vol. 105, P. 192-211.
5. Wiczorek S., Pałka K., Grabowska-Bujna B. A model of strategic safety management in railway transport based on Jastrzebska Railway Company Ltd // Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. – 2018. – Vol. 98, P. 201-210.
6. Bogdanovich S.V., Kisselyova O.G. Sistema upravleniya bezopasnostyu dvigeniya na geleznihi dorogah v gosudarstvakh-shienah ES // Politransportnie sistemi:materiali XI Megdunarodnoy naushno-tehnisheskoy konferencii. – Novosibirsk, 2020. – С.276-280.
7. Kisselyova O.G., Altayeva G.G., Kunebaev A.D. Evropeyskaya praktika vnedreniya risk-menedgmenta v sistemu upravleniya bezopasnostyu na geleznodorognom transporte // Sovremennii tehnologii. Sovremenniy analiz. Modelirovanie. – 2020. – №4. – С.175-183.
8. Vahitova L.B., Kisselyova O.G. Evropeyskaya model kulturi bezopasnosti na geleznodorognom transporte // Politransportnie sistemi:materiali XI Megdunarodnoy naushno-tehnisheskoy konferencii. – Novosibirsk, 2020. – С.281-284.
9. Elise G.C. Crawford, Ryan L. Kift. Keeping track of railway safety and the mechanisms for risk // Safety Science. – 2018. – Vol. 110. – Part B. – P. 195-205.
10. Rukovodstvo po sisteme upravleniua proizvodstvennoy bezopasnostyu v akcionernom obshestve Nacaionalnaya kompaniy «Kazakhstan temir goli» I ego doshernih organizatsiyah [Electronic resource]. – 2017. – URL: <https://railways.kz/img/ac01dae8-d7df-468a-bf1f-1c5f0b7955e3.pdf> (Accessed: 30.03.2023)

Авторлар туралы мәлімет:

А.Б. Увалиева – т.ғ.к., қауым. профессор, Алматы Менеджмент Университеті, Розыбакиева көш., 227, Алматы, Қазақстан.

О.Г. Киселева – т.ғ.к., қауым. профессор, Алматы Менеджмент Университеті, Розыбакиева көш., 227, Алматы, Қазақстан.

Н.Г. Ескожанова – аға оқытушы, Қазақ автомобиль-жол институты, Райымбек даң., 415В, Алматы, Қазақстан.

Юн Чэнь – докторант, Логистика және көлік академиясы, Шевченко көш., 97, Алматы, Қазақстан.

А.Б. Увалиева – к.т.н., ассоциированный профессор, Алматы Менеджмент Университет, ул. Розыбакиева, 227, Алматы, Казахстан.

О.Г. Киселева – к.т.н., ассоциированный профессор, Алматы Менеджмент Университет, ул. Розыбакиева, 227, Алматы, Казахстан.

Н.Г. Ескожанова – старший преподаватель, Казахский автомобильно-дорожный институт, пр. Райымбека, 415В, Алматы, Казахстан.

Юн Чэнь – докторант, Академия логистики и транспорта, ул. Шевченко, 97, Алматы, Казахстан.

A. Uvaliyeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Almaty Management University, 227 Rozybakiyev str., Almaty, Kazakhstan.

O. Kisselyova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Almaty Management University, 227 Rozybakiyev str., Almaty, Kazakhstan.

N. Yeskozhanova – Senior Lecturer, Kazakh Automobile and Road Institute, 415B Raimbek str., Almaty, Kazakhstan.

Chen Yong – PhD student, Academy of Logistics and Transport, 97 Shevchenko str., Almaty, Kazakhstan.

Г.М. Садыкова¹, Т.Б. Сулейменов², Т.Т. Султанов², Г.М. Тлепиева²

¹Университет международного бизнеса имени Кенжегали Сагадиева,
Алматы, Казахстан

²Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан

E-mail: Gulnara.muratpek@mail.ru

Формирование системы комплексного логистического сервиса для интернет-магазина

Аннотация. Логистика онлайн-торговли – одна из важнейших составляющих интернет-магазина, но логистические расходы продолжают расти с каждым годом. Рост онлайн-продаж увеличивает спрос и ограничивает доступность логистической инфраструктуры, поскольку ужесточение нормативных требований, повышение заработной платы и нехватка сотрудников также приводят к росту цен. В статье рассматриваются вопросы методики совершенствования логистического процесса компании, действующая на рынке электронной коммерции, как Lamoda, Wildberries, Leroy Merlin. Исследование проведено в рамках проекта [1]. Для достижения поставленной цели было проведено исследование особенностей и тенденций казахстанского и зарубежного рынка электронной коммерции; проанализирована логистическая деятельность интернет-магазина; проведено исследование логистической деятельности компании с помощью таких инструментов анализа, как хронометраж, диаграмма Исикавы, SWOT-анализ, анкетирование клиентов; выявлены основные логистические проблемы интернет-магазина; разработаны пути улучшения логистической деятельности интернет-магазина. Системный метод исследования цепей поставок и особенностей их цифровой трансформации в процессе перехода к интернет-торговле включает анализ и синтез эмпирической базы исследования. Рассмотрены логистические процессы e-commerce, сформулированы основные подходы к совершенствованию логистики интернет-магазина. Быстрое развитие электронной торговли приводит к таким серьезным последствиям для логистики, как расширение экстернализации, т.е. передачи отдельных функций по перевозке, оформлению и курьерской доставке заказанных товаров специализированным фирмам, более тщательное управление продвижением товаров к покупателю и их возвратом, увеличение доли экспресс-доставки и ускорение концентрации в торговле и сфере услуг. Изучив работу нескольких крупных компаний как совершающих онлайн-продажи, можно сделать вывод, что рынок электронной коммерции с каждым годом развивается и привлекает все новых пользователей. Данные компании Lamoda, Wildberries, Leroy Merlin улучшают и расширяют предоставляемые услуги, делая уклон на повышение качества обслуживания, расширяют виды платежей и гибкие условия доставки. Учитывая то, что уровень онлайн-покупок в Казахстане является средним, по сравнению со странами дальнего зарубежья, можно сказать, что у рынка электронной коммерции в стране есть большой потенциал в росте данного показателя.

Ключевые слова: логистика, интернет торговля, e-commerce, онлайн-продажи, логистические расходы, онлайн-площадка, клиент, товар, услуга.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-144-3-165-178

Введение

На данный момент в Республике Казахстан имеется огромное количество интернет-магазинов. Логистика интернет-магазинов делится на три основных блока - это движение товаров от поставщика, хранение на складе и перемещение со склада к покупателю. Взаимоотношения с поставщиком можно разделить на 2 категории: оптовая закупка или прямая поставка. На уровне складского хранения в онлайн-магазине есть три альтернативы - собственный склад, аренда склада или хранение в фулфилмент-центре. На уровне доставки товара до клиента есть три варианта - аутсорсинговая доставка, собственная доставка и точки выдачи. Онлайн-торговля относится к любой цифровой продаже или покупке товаров или услуг посредством интернет-коммуникаций и процессов транзакций. Транзакции электронной коммерции не обязательно должны проходить через интернет-магазины или торговые площадки, но также могут основываться на использовании других цифровых устройств. Торговля в режиме онлайн, устраняя фактор расстояний, не устраняет границ и межстрановых различий в правилах регулирования. При этом она не сводится только к ускоренной доставке товара покупателю, а предполагает организацию жесткого контроля над всей цепочкой продвижения товара с учетом требований коммерсантов, их поставщиков и покупателей. В целом быстрое развитие электронной торговли приводит к таким серьезным последствиям для логистики, как расширение экстернализации, т.е. передачи отдельных функций по перевозке, оформлению и курьерской доставке заказанных товаров специализированным фирмам, более тщательное управление продвижением товаров к покупателю и их возвратом, увеличение доли экспресс-доставки и ускорение концентрации в торговле и сфере услуг.

Материалы и методы

При изучении темы применялись такие теоретические методы, как анализ, синтез, сравнение, ранжирование, обобщение, абстрагирование, конкретизация, систематизация, формализация. Сравнительный метод - изучение и анализ казахстанского и зарубежного опыта. Системный метод исследования цепей поставок и особенностей их цифровой трансформации в процессе перехода к интернет-торговле включает анализ и синтез эмпирической базы исследования. Исследование логистической деятельности компании производилось с помощью таких инструментов анализа, как хронометраж, диаграмма Исикавы, SWOT-анализ, анкетирование клиентов.

Результаты

Сегодня Казахстан находится на пороге бума в сфере электронной коммерции. В 2020 году многие МСП впервые вышли в интернет, а более опытные онлайн-продавцы расширили свои каналы продаж, разместив их на торговых площадках. В итоге год стал рекордным для площадок как по обороту, так и по росту количества продавцов. Согласно исследованию PwC Kazakhstan, объем розничного рынка электронной коммерции в Казахстане вырос на 93% за первые 9 месяцев 2020 года по сравнению с аналогичным периодом 2019 года - со 210 млрд тенге до 475 млрд тенге. Средний чек в тенге вырос на 63%, а количество транзакций на 18%. Рост электронной коммерции за период пандемии составил 20 процентов в мире и 80 процентов в Казахстане и представлен на рисунке 1. Это значит, что вместе с новыми цифровыми нишами в стране появилось больше и их пользователей [2].



Рисунок 1. Объемы электронной коммерции в Казахстане, млрд. тенге
Примечание – составлено авторами на основе источника [3]

Как видно из рисунка 1, большой рост всех показателей случился в 2020 году. Такой резкий скачок произошел из-за пандемии Covid-19.

Большинство международных компаний имеют представительства в Казахстане и используют онлайн-площадки для поддержки доставки. Так, мы рассмотрели несколько крупных онлайн-бизнесов, находящихся на территории Казахстана.

Одним из ведущих онлайн-продавцов в нашей стране является Lamoda. Lamoda - это специализированная онлайн-площадка, которая ориентирована на последние тенденции одежды, обуви и аксессуаров по конкурентоспособным ценам. Компания была основана в России в 2011 году. Через год, в 2012 году запуск магазина произошел в Казахстане. В то время в стране не была развита электронная коммерция, даже крупные продавцы только начинали выходить на онлайн-рынок. По этой причине, открыв данную онлайн-площадку в Казахстане, присутствовал большой риск. Но несмотря на это, Lamoda смогла обосноваться на казахстанском рынке. Выручка магазина за последние 5 лет представлена на рисунке 2.

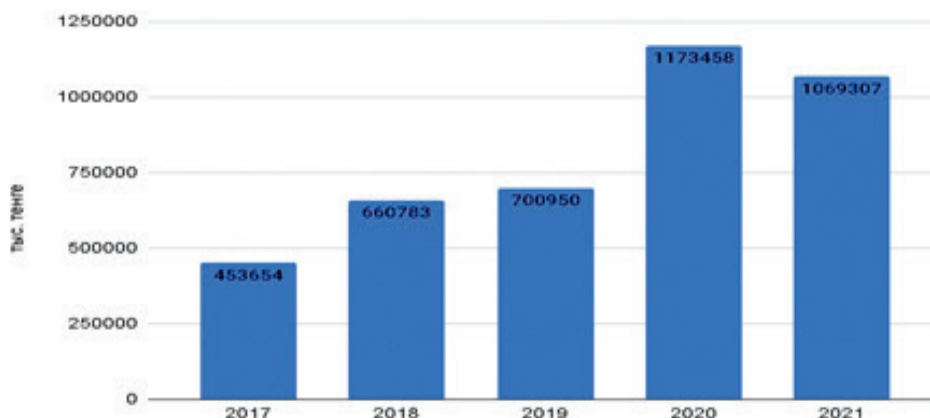


Рисунок 2. Выручка интернет-магазина Lamoda за 5 лет, млн. тенге
Примечание – составлено авторами на основе источника [4]

Из рисунка 2 можно заметить, что резкий скачок продаж произошел в 2020 году. Изначально магазин планировал создать собственную службу доставки и уже к 2013 году открылось 18 точек доставки в городах Казахстана, охватив при этом более 84% всех заказов. Также доставка онлайн-заказов передана на аутсорсинг почтовому отделению Казпочта. На сегодняшний день 80% продаж осуществляется через официальное приложение компании. В странах СНГ имеются 17000 пунктов самовывоза, 73 из которых находятся в

Казахстане. Lamoda стала первым продавцом на рынке, который предоставил возможность примерки перед покупкой, а также предоставил возможность оплачивать заказ картой.

Как видно на рисунке 3, за начало 2020 года 1640 продавцов из РК стали сотрудничать с Wildberries. А на сегодняшний день их количество возросло до 21000 предпринимателей. Из рисунка 3 видно, что продажи выросли на 41%, количество заказов на 48%, а количество продавцов на 83%. Многие продавцы, начавшие продавать товары онлайн во время пандемии, поняли, что Wildberries - это удобная площадка для реализации продукции, которая приносит неплохую прибыль даже для маленького бизнеса.

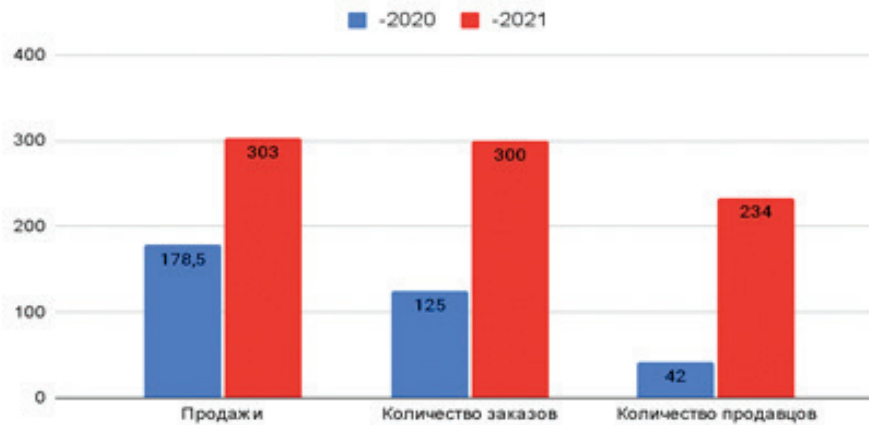


Рисунок 3. Итоги интернет-магазина Wildberries

Примечание – составлено авторами на основе источника [6]

Так, рассмотрев несколько крупных компаний, таких, как Lamoda, Wildberries, совершающих онлайн-продажи, можно сделать вывод что рынок электронной коммерции с каждым годом развивается и привлекает все новых пользователей. Данные компании улучшают и расширяют предоставляемые услуги, делая уклон на повышение качества обслуживания, расширяют виды платежей и гибкие условия доставки. Учитывая то, что уровень онлайн-покупок в Казахстане является средним, по сравнению со странами дальнего зарубежья, можно сказать, что у рынка электронной коммерции в стране есть большой потенциал в росте данного показателя.

Ассортимент является важным фактором, определяющим имидж магазина. В ассортименте интернет-магазина Leroy Merlin в основном предложены товары для ремонта, строительства и обустройства разных помещений. На рисунке 4 представлен ассортимент товаров.

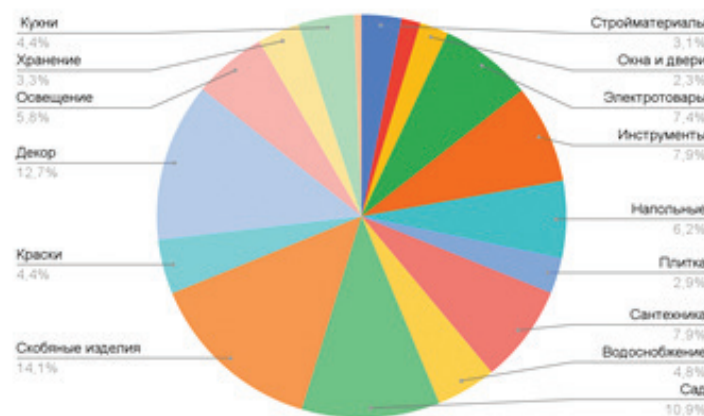


Рисунок 4. Ассортимент продукции в интернет-магазине Leroy Merlin

Примечание – составлено авторами на основе источника [5-6]

Сайтом компании ежемесячно пользуются более 100 тысяч раз. Для того, чтобы проанализировать посещаемость мы взяли данные за 2020 и 2021 года. Таким образом, как видно на рисунке 5, посещение интернет-магазина в 2021 увеличилось на 46%.

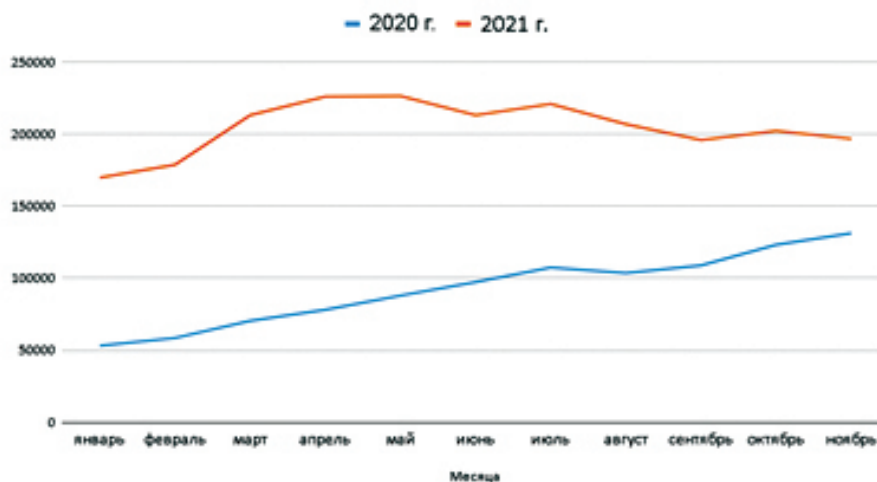


Рисунок 5. Посещение интернет-магазина Leroy Merlin
Примечание - составлено авторами на основе источника [5-6]

Постоянный мониторинг позволяет понять, насколько эффективен сайт и запущенная реклама относительно клиентов, а также можно узнать, каков процент целевой аудитории компании. Компания регулярно анализирует посещаемость сайта и это помогает им вовремя выявить недочеты, системные ошибки и слабые места.

Из рисунка 5 видно, что большую часть из предоставляемых товаров в магазине, занимают электротовары, скобяные изделия и товары для декора. В Leroy Merlin реализован розничный товарооборот. Его анализ позволяет оценивать результативность работы сайта компании, оценка запланированных объемов продаж, формирование оптимального размера товаров. На рисунке 6 компания сравнивает оборот по месяцам в рамках 2020 и 2021 годов - это необходимо для того, чтобы обнаружить скачки сезонных колебаний.

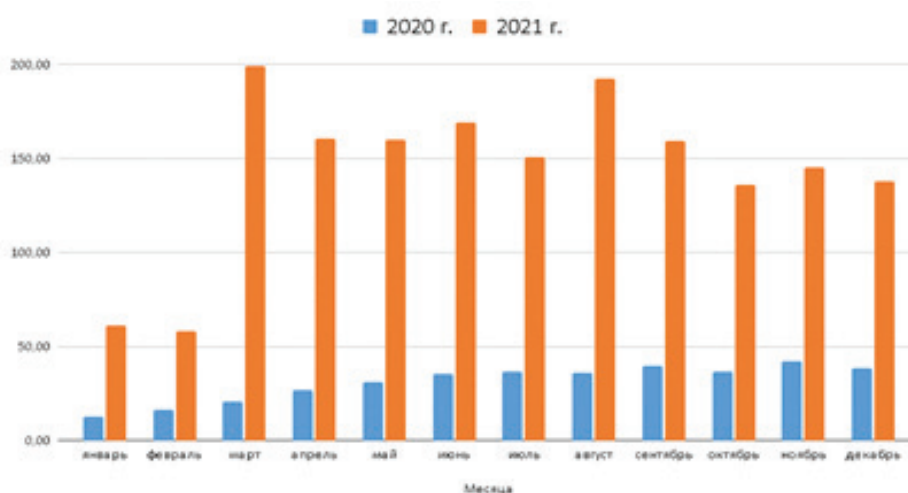


Рисунок 6. Товарооборот интернет-магазина Leroy Merlin, млн. тенге
Примечание – составлено авторами на основе источника [5-6]

Для того, чтобы сократить количество возвратов покупателями, необходимо постоянно вести мониторинг товаров и повышать качество. Клиенту будет проще решиться на онлайн-покупку в том случае, если он увидит положительные отзывы о товаре и самом магазине, а также будет проинформирован о том, как правильно в случае чего совершить успешный возврат в течение установленного времени. Компания Leroy Merlin славится своим наименьшим количеством возвратов, что указано на рисунке 7.

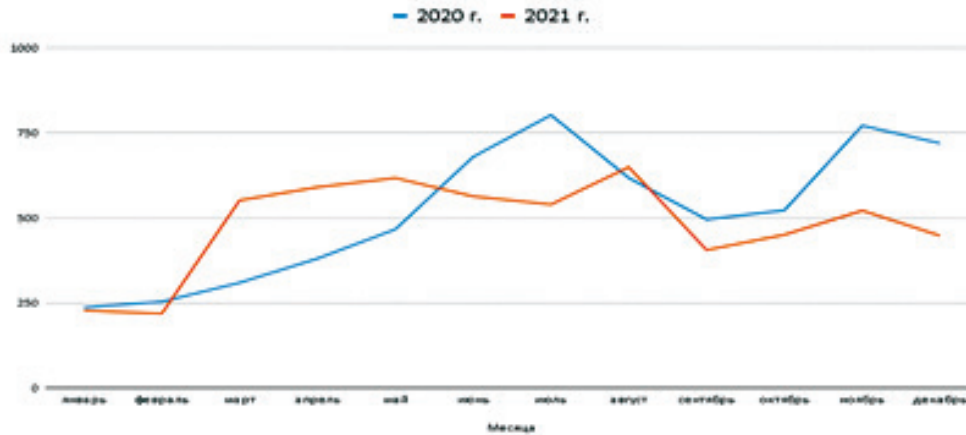


Рисунок 7. Количество возвратов клиентам интернет-магазина
Примечание – составлено авторами на основе источника [5-6]

Из рисунка 7 можно заметить, что количество возвратов в 2021 году снизилось по сравнению с 2020 годом. Магазин является клиентоориентированным, поэтому старается выполнять онлайн-заказы с наименьшей степенью возврата.

Supply chain operations reference (SCOR) - это инструмент управления, используемый для решения, улучшения и передачи решений по управлению цепочками поставок внутри компании, а также с поставщиками и клиентами компании. Модель описывает бизнес-процессы, необходимые для удовлетворения потребностей клиентов. Это также помогает объяснить процессы по всей цепочке поставок и обеспечивает основу для улучшения этих процессов. Для того, чтобы выявить и наглядно показать, как работает данный инструмент, мы, опираясь на таблицу 1, провели следующие расчеты по данной модели:

Таблица 1. Расчет показателей надежности предприятия Leroy Merlin по SCOR-модели

	Заказ 1	Заказ 2	Заказ 3	Заказ 4	Заказ 5
Товаров заказано	63	15	96	3	28
Товаров поставлено	60	15	79	3	28
Поставленное количество соответствует заказанному количеству товарам	63	15	79	3	28
Поставка в срок	Да	Да	Да	Нет	Да
Поставка с надлежащей документацией	Да	Да	Да	Да	Да
Поставка с надлежащим качеством изделий	Да	Да	Нет	Да	Да
Итого соблюдены все условия метрики «Идеальное исполнение заказа»	Нет	Да	Нет	Нет	Да
Примечание – составлено авторами					

Исходя из решенной SCOR-модели, которая показана в таблице 1, можно сделать вывод, что из 5 заказов идеально выполнены только 2. В основном это связано с несоответствием заказанных и поставленных товаров.

Был проведен SWOT-анализ, с помощью которого выявляются сильные и слабые стороны, негативно влияющие на деятельность магазина в таблице 2.

Таблица 2. SWOT-анализ Leroy Merlin

Сильные стороны	Слабые стороны
1. Репутация бренда и присутствие на рынке 2. Доступность 3. Долгосрочные отношения с поставщиками 4. Аутсорсинг доставки 5. Высоквалифицированные работники 6. Выгодное соотношение цена-качество	1. Головной офис находится в другой стране 2. Недостаточная складская мощность 3. Неразвитая рекламная деятельность 4. Основные программы не справляются с нагрузкой 5. Расположение магазина
Возможности	Угрозы
1. Рост онлайн-продаж 2. Открытие новых магазинов в разных городах 3. Автоматизация процессов	1. Усиление конкуренции 2. Повышение налоговых ставок 3. Изменение курса валют
Примечание - составлено авторами на основе источника [5-6]	

Исходя из таблицы 2, ниже представлено подробное описание SWOT-анализа.

В качестве сильных сторон можно отметить:

1. магазин Leroy Merlin посещают более 1,2 миллионов человек каждый год. Присутствие на мировом рынке и сильная репутация бренда гарантируют, что клиенты будут выбирать Leroy Merlin;

2. магазин ежемесячно проводит мониторинг цен товаров на рынке. Это делается для того, чтобы установить цены на товары ниже, чем у конкурентов;

3. Leroy Merlin стремится к долгосрочным отношениям со своими поставщиками. Таким образом, магазин может заказывать большие объемы товаров и получать выгоду от более низких цен и сократить издержки на доставку;

4. функции доставки в интернет-магазине переданы на аутсорсинг таким курьерским службам, как Pony Express и Yandex доставка, что позволяет сократить скорость доставки заказов и расширить диапазон географии поставок;

5. работники магазина каждый месяц проходят обучение. Проводятся различные тренинги по повышению квалификации.

К слабым сторонам относятся:

1. Leroy Merlin на данный момент является единственным филиалом в Азии, по этой причине головной офис магазина находится в Москве. Отсутствие главного офиса в нашей стране способствует медленному реагированию на принятие решений;

2. для такого крупного магазина, как Leroy Merlin, 3000 кв. метров складского помещения является недостаточным;

3. по сравнению с множественной рекламой и присутствию бренда на рынке в Российской Федерации, Leroy Merlin отстает по данным показателям, имея в наличии рекламные баннеры по городу и телевизионные ролики, исключая при этом социальные сети, что потенциально лишает компанию прибыли;

4. программа 1С, пользователями которой является практически весь магазин не справляется с большой нагрузкой. Программа сильно зависает, тем самым появляются задержки при выполнении рабочих процессов;

5. Leroy Merlin теряет большое количество клиентов из-за отсутствия сотрудничества с Kaspi Bank. Условия, предоставляемые банком, не выгодны для магазина;

6. для магазина местоположение – один из самых важных факторов. Магазин располагается далеко от центра города. Многие потенциальные клиенты отказываются

посетить магазин из-за длинного отрезка пути до магазина, в основном это касается клиентов без собственного средства передвижения.

Ключевые возможности, которыми необходимо воспользоваться:

1. с каждым годом интернет-магазины становятся все более популярными, и с 2,5 миллионами посетителей сайта компания может использовать эту возможность и увеличить количество продаж;

2. в настоящее время в Казахстане работает только один магазин. У Leroy Merlin есть большие возможности для открытия новых точек в крупных городах нашей страны;

3. Автоматизация таких процессов, как сборка и складирование, позволит уменьшить время на доставку заказов и увеличить KPI сотрудников;

Основные угрозы, которых необходимо избегать:

1. с каждым годом на рынке появляются новые магазины строительных материалов и товаров для дома, что может сказаться на продажах Leroy Merlin;

2. изменение курса валют является основной угрозой магазина, так как большинство товаров поставляются из России.

Основными конкурентами компании Leroy Merlin являются ОБИ и Комфорт. Данные предприятия занимаются продажей товаров для строительства и облагораживания дома. Каждая из компаний имеет множество торговых точек по миру и находится на рынке уже более 20 лет. Конкурентный анализ представлен в таблице 3.

Таблица 3. Конкурентный анализ

Конку- ренты	Доставка	Время работы	Удобство сайта	Распо- ложение	Цена товаров
Leroy Merlin	- Курьерская служба доставки в другие города (до 80 кг) - Яндекс доставка - Собственная служба доставки	8.00 - 23.00	-Современный дизайн сайта - Удобная навигация -Услуга визуализации нужных товаров	За чертой города	низкие
ОБИ	- Собственная служба доставки по Алматы	8.00 - 22.00	-Устаревший дизайн сайта -Неудобная навигация	В черте города	средние
Комфорт	- Яндекс доставка - Курьерская доставка (до 20 кг)	8.00 - 22.00	- Современный дизайн сайта - Удобная навигация	В черте города	выше среднего
Примечание - составлено авторами на основе источника [6], [7]					

Исходя из таблицы 3 понятно, что предприятие Leroy Merlin имеет преимущества по времени работы торгового зала и обслуживания клиентов, а также в ценовой категории товаров. В таблице 7 представлена матрица решений по базовому SWOT-анализу сильных, слабых сторон, возможностей и угроз.

Таблица 4. Матрица решений

	Возможности	Угрозы
Сильные стороны	Долгосрочные отношения с поставщиками позволяют в кратчайшие сроки расширить торговую сеть в Казахстане. Постоянное повышение квалификации позволит безопасно внедрить автоматизированное выполнение заказа.	Качественный маркетинг позволит укрепиться на конкурентном рынке. Остаться на рынке компанией с самыми низкими ценами, что позволит избежать резких колебаний внешних угроз.
Слабые стороны	Усовершенствовать онлайн-магазин. Развитие маркетинговой деятельности	Из-за повышения налоговых пошлин закупка большого объема товаров будет невозможна из-за недостаточной складской мощности
Примечание – составлено авторами		

Таким образом, исходя из таблицы 4, можно сделать вывод что на основе SWOT-матрицы компания Leroy Merlin в будущем предпримет тактические действия, которые помогут увеличить конкурентоспособность компании, а также снизить уровень угроз с помощью сильных сторон. Основной проблемой интернет-магазина является неэффективное выполнение заказов. Причины, способствующие данной проблеме, представлены на рисунке 8. Мы использовали метод для поиска и визуализации причин, которые приводят к проблеме. Диаграмма Исикавы дала лучшее представление о проблемах, которые привели к неэффективному выполнению заказов.



Рисунок 8. Диаграмма Исикавы по отделу интернет магазина
Примечание – составлено авторами на основе источника [8]

Анализируя данную схему, представленную на рисунке 8, можно сделать вывод, что большое влияние оказывают такие причины, как “Человек” и “Техническое оборудование”. В дальнейшем это поможет устранить основополагающую проблематику.

Анкета – это специальный инструмент для сбора данных. Чтобы получить информацию, которая будет отражать характеристику работы онлайн-магазина и доставку Leroy Merlin, мы провели анкетирование прямых клиентов, которые неоднократно пользовались услугами компании. Для получения внешне достоверных результатов в нашем анкетировании приняли участие люди из разных городов Республики Казахстан.

Метод опроса - самостоятельный, анонимный. Пройдя по ссылке, каждый из желающих мог заполнить анкету и честно ответить на предлагаемые вопросы и оставить свои пожелания компании. Целью являлось выяснить эффективность работы сайта и доставки компании. На рисунке 9 можно увидеть, что услугами Leroy Merlin пользуются по всему Казахстану как крупные, так и мелкие города.

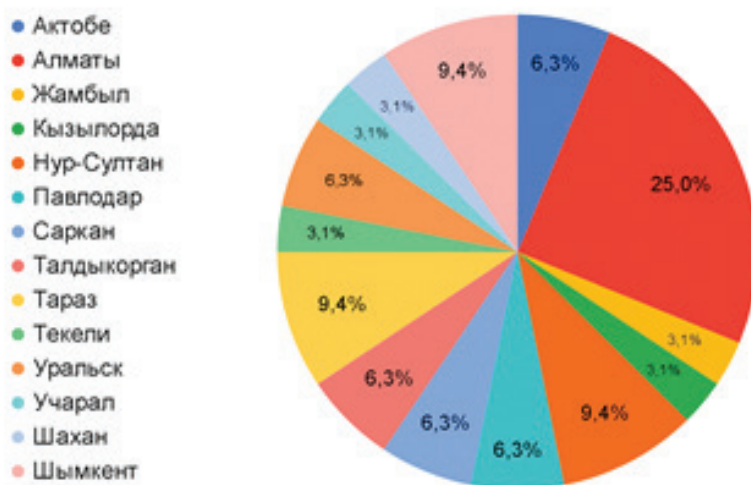


Рисунок 9. География пользования интернет-магазином Leroy Merlin
Примечание – составлено авторами на основе источника [5-6]

Так как в стране на данный момент всего 1 магазин, 84% опрошиваемых предпочитают совершать онлайн-покупки из-за невозможности посетить магазин оффлайн, диаграмма представлена на рисунке 10.

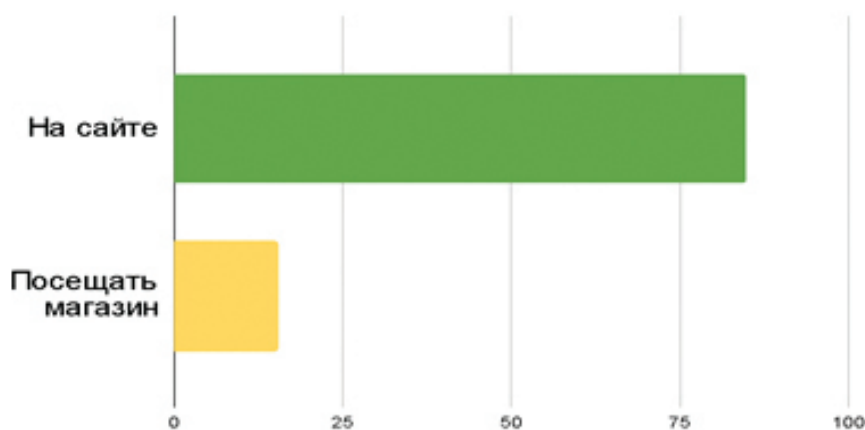


Рисунок 10. Выбор вида посещения Leroy Merlin
Примечание – составлено авторами на основе источника [6], [7]

На вопрос “Был ли Ваш город в списке доступных городов для доставки?” приложение 2, 21% ответили “нет”, и из-за этого у клиентов ухудшилось мнение о компании, диаграммы представлены на рисунке 11. Данную проблему возможно решить путем открытия большего количества магазинов в нескольких крупных городах Казахстана. Leroy Merlin планирует за 20 лет расширить свою сеть до 15 магазинов.



Рисунок 11. Гибкость доставки Leroy Merlin
Примечание – составлено авторами на основе источника [9]

На сайте компании обязательно указывают срок доставки заказа клиенту, но, как видно в приложении 3, 30% клиентов не получили свой заказ в нужное время [10]. Опрашиваемые указали причины данной проблемы, и самыми частыми из них являются: “необходимый товар отсутствовал в нужном количестве, пришлось ждать”, “поломка автомобиля”.

Обсуждение

По окончании анкетирования клиенты могли оставить свои предложения по улучшению услуги доставки онлайн-магазина. Большинство предлагало увеличить скорость доставки, сделать возможным отслеживание товара через приложение или сайт, увеличить географию поставок.

Проанализировав ответы клиентов, мы сделали вывод, что открытие новых торговых точек займет более 20 лет, чтобы не потерять потенциальных клиентов, самым оптимальным вариантом будет открытие распределительного центра на севере Казахстана. В будущем данный распределительный центр сможет управлять потоками продукции в 10 магазинах компании, распределяя между ними товары.

Так как Leroy Merlin постоянно улучшает свои услуги, то и спрос за последние два года значительно вырос, товары компании хотят приобрести из разных уголков страны. По этой причине у единственного имеющегося магазина в Казахстане не хватает складской мощности.

Товары в различные регионы приходится перевозить из южной части страны, что значительно замедляет время на доставку заказов. Если последние 10% работы логистической цепочки организованы плохо, вероятность успешного завершения операции стремится к 0 [11-12]. При возникновении проблем с доставкой увеличивается вероятность того, что заказчик будет недоволен обслуживанием в целом. Следовательно, вряд ли повторно воспользуется предложением данной компании. Это оказывает большое давление на Leroy Merlin, а также повышает риск потери клиентов.

Заключение

Организация логистической цепочки, бесперебойная передача информации — все это стало возможным благодаря современным системам мониторинга и работе с данными. Чем больше заказов, тем сложнее логистический процесс на последней миле. Это требует гибкости от перевозчиков и планирования лучших маршрутов для водителей. Таким образом, компании необходимо предпринять все меры, чтобы «последняя миля» была организована на высоком уровне. Это позволит гарантировать эффективную цепочку поставок и сократить возможные финансовые потери.

Так, рассмотрев работу несколько крупных компаний, таких, как Lamoda, Wildberries, ТОО «Leroy Merlin», совершающих онлайн-продажи, можно сделать вывод, что рынок электронной коммерции с каждым годом развивается и привлекает все новых пользователей. Данные компании улучшают и расширяют предоставляемые услуги, делая уклон на повышение качества обслуживания, расширяют виды платежей и гибкие условия доставки. Учитывая то, что уровень онлайн-покупок в Казахстане является средним по сравнению со странами дальнего зарубежья, можно сказать, что у рынка электронной коммерции в стране есть большой потенциал в росте данного показателя.

Список литературы

1. BR10965311 «Разработка интеллектуальных информационно-телеком-муникационных систем для городской инфраструктуры: транспорт, экология, энергетика и аналитика данных в концепте Smart City».
2. Всемирный банк // Официальный сайт журнала / (дата обращения: 03.02.2023)
3. PWC Казахстан // Официальный сайт журнала / <https://www.pwc.com/kz/ru.html> (дата обращения: 03.02.2023)
4. Резник А. 35 крупнейших торговых интернет-площадок Казахстана // Официальный сайт журнала Forbes Kazakstan, г. Алматы. / https://forbes.kz/leader/35_krupneyshih_torgovyih_internet-ploschadok_-_jurnal_sentyabr_2021_1631561803 (дата обращения: 15.09.2022)
5. Михайлюк М.В. Трансформация и развитие логистики интернет-торговли в условиях многоканальной модели продаж: дис. ... канд. тех. наук.– Москва, 2019. – 14-20 с.
6. Leroy Merlin // Официальный сайт интернет-энциклопедии / . (дата обращения: 15.07.2022)
7. Leroy Merlin Казахстан // официальный сайт магазина Leroy Merlin / <https://leroymerlin.kz/> (дата обращения: 10.09.2022)
8. Диаграмма Исикавы. Зачем применять и как построить / <https://pmclub.pro/articles/diagramma-isikavy-zachem-primenyat-i-kak-postroit>. (дата обращения: 10.09.2022)
9. Результаты проведенного анкетирования / <https://docs.google.com/forms/d/1Jn937VfvcQvcHoVzXcW6TVD9J31W1Fk2Qoyj-T1a0YI/edit#responses> (дата обращения: 30.06.2023)
10. Народный банк // Официальный сайт // <https://halykbank.kz/> (дата обращения: 25.06.2023)
11. Бочкова Е.В. Анализ рынка интернет-торговли в России и за рубежом и пути его совершенствования // Экономика и бизнес, 2015.
12. Трофимова В.В. Развитие интернет-торговли в России и в мире // Бизнес – образование в экономике знаний, 2018 – 23 с.

Г.М. Садықова¹, Т.Б. Сулейменов², Т.Т. Султанов², Г.М. Тлепиева²

¹Кенжеғали Сағадиев атындағы Халықаралық бизнес университеті, Алматы, Қазақстан

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Интернет дүкен үшін кешенді логистикалық сервис жүйесін қалыптастыру

Аңдатпа. Онлайн сауда логистикасы интернет-дүкеннің маңызды бөліктерінің бірі болып табылады, бірақ логистикалық шығындар жыл сайын өсуде. Онлайн сатылымдардың өсуі сұранысты арттырады және логистикалық инфрақұрылымның қолжетімділігін шектейді, өйткені нормативтік талаптардың қатаюы, жалақының өсуі және қызметкерлердің жетіспеушілігі де бағаның өсуіне әкеледі. Мақалада «Kaspi Дүкен» ЖШС, Lamoda, Aviator, Wildberries («Вайлдберриз» ЖШС), «Leroy Merlin» ЖШС сияқты электрондық коммерция нарығында әрекет ететін компанияның логистикалық процесін жетілдіру әдістемесінің мәселелері қарастырылады. Зерттеу жоба шеңберінде жүргізілді [1]. Алға қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін қазақстандық және шетелдік электрондық коммерция нарығының ерекшеліктері мен үрдістеріне зерттеу жүргізілді; интернет-дүкеннің логистикалық қызметіне талдау жасалды; Хронометраж, Исикава диаграммасы, SWOT-талдау, клиенттерге сауалнама жүргізу сияқты талдау құралдарының көмегімен компанияның логистикалық қызметіне зерттеу жүргізілді; интернет-дүкеннің негізгі логистикалық проблемалары анықталды; логистикалық

дүкеннің интернет-дүкеннің қызметі. Интернет - саудаға көшу процесінде жеткізу тізбектерін және олардың цифрлық трансформациясының ерекшеліктерін зерттеудің жүйелік әдісі зерттеудің эмпирикалық базасын талдау мен синтездеуді қамтиды. E-commerce логистикалық процестері қарастырылып, интернет-дүкеннің логистикасын жетілдірудің негізгі тәсілдері тұжырымдалған. Электрондық сауданың қарқынды дамуы логистика үшін экстернализацияның кеңейуі сияқты ауыр зардаптарға әкеледі, яғни. тапсырыс берілген тауарларды мамандандырылған фирмаларға тасымалдау, ресімдеу және курьерлік жеткізу бойынша жекелеген функцияларды беру, тауарларды сатып алушыға қарай жылжытуды және оларды қайтаруды неғұрлым мұқият басқару, экспресс-жеткізу үлесін ұлғайту және сауда мен қызмет көрсету саласындағы шоғырлануды жеделдету. Бірнеше ірі компаниялардың жұмысын зерттегеннен кейін онлайн-сатылымдар, қорытынды жасауға болады электрондық коммерция нарығы жыл сайын дамып, жаңа пайдаланушыларды тартады. Компанияның деректері - «Kaspi Дүкен» ЖШС, Lamoda, Aviata, Wildberries («Вайлдберриз» ЖШС), «Leroy Merlin» ЖШС. көрсетілетін қызметтерді жақсарту және кеңейту, қызмет көрсету сапасын жақсартуға бейімділік жасау, төлем түрлерін және икемді жеткізу шарттарын кеңейту. Қазақстанда онлайн-сатып алу деңгейі алыс шет елдермен салыстырғанда орташа болып табылатындығын ескере отырып, елдегі электрондық коммерция нарығының осы көрсеткіштің өсуінде үлкен әлеуеті бар деп айтуға болады.

Түйін сөздер: Логистика, интернет сауда, e-commerce, онлайн сату, логистикалық шығындар, онлайн алаң, клиент, тауар, қызмет.

G. Sadykova¹, T. Suleimenov², T. Sultanov², G. Tlepiyeva²

¹*Kenzhegali Sagadiev University of International Business, Almaty, Kazakhstan*

²*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

Formation of an integrated logistics service system for an online store

Abstract. Online trade logistics is one of the most important components of an online store, but logistics costs continue to grow every year. The growth of online sales increases demand and limits the availability of logistics infrastructure, as stricter regulatory requirements, higher wages and a shortage of employees also lead to higher prices. The article discusses the issues of methods of improving the logistics process of a company operating in the e-commerce market as Kaspi Shop LLP, Lamoda, Aviata, Wildberries (Wildberries LLC), Leroy Merlin LLP. The study was conducted in the framework of the project [1]. To achieve this goal, a study of the features and trends of the Kazakh and foreign e-commerce market was conducted; the logistics activities of the online store were analyzed; a study of the company's logistics activities was conducted using such analysis tools as Timekeeping, Ishikawa diagram, SWOT analysis, customer survey; the main logistical problems of the online store were identified; ways to improve logistics were developed. activities of the online store. A systematic method of studying supply chains and the features of their digital transformation in the process of transition to online commerce, includes analysis and synthesis of the empirical research base. The logistics processes of e-commerce are considered, the main approaches to improving the logistics of an online store are formulated. The rapid development of e-commerce leads to such serious consequences for logistics as the expansion of externalization, i.e. the transfer of certain functions for the transportation, registration and courier delivery of ordered goods to specialized firms, more thorough management of the promotion of goods to the buyer and their return, an increase in the share of express delivery and acceleration of concentration in trade and services. Having studied the work of several large companies that make online sales, we can conclude that the e-commerce market is developing every year and attracting more and more new users. Company data - Kaspi Shop LLP, Lamoda, Aviata, Wildberries (Wildberries LLC), Leroy Merlin LLP. they improve and expand the services provided, focusing on improving the quality of service, expanding the types of payments and flexible delivery terms. Considering that the level of online shopping in Kazakhstan is average, compared with non-CIS countries, we can say that the e-commerce market in the country has a great potential in the growth of this indicator.

Keywords. Logistics, online trade, e-commerce, online sales, logistics costs, online platform, client, product, service.

References

1. BR10965311 “Development of intelligent information and telecommunication systems for urban infrastructure: transport, ecology, energy and data analytics in the Smart City concept”.
2. World Bank// Official website of the magazine / <https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/> (Accessed: 03.02.2023)
3. PWC Kazakhstan // Official website of the magazine / <https://www.pwc.com/kz/ru.html> (Accessed: 03.02.2023)
4. Reznik A. 35 largest online trading platforms in Kazakhstan // Official website of Forbes Kazakhstan magazine, Almaty. / https://forbes.kz/leader/35_krupneyshih_torgovyih_internet-plos_chadok-jurnal_sentyabr_2021_1631561803 (Accessed: 15.09.2022)
5. Mikhailyuk M.V. Transformation and development of online trade logistics in the conditions of a multi-channel sales model: Dis. ... candidate of Technical Sciences.– Moscow, 2019. – 14-20 p.
6. Leroy Merlin // Official website of the Internet encyclopedia / https://ru.wikipedia.org/wiki/Leroy_Merlin (Accessed: 15.07.2022)
7. Leroy Merlin Kazakhstan // official website of the Leroy Merlin store / <https://leroymerlin.kz/> (Accessed: 10.09.2022)
8. Ishikawa diagram. Why to use and how to build / <https://pmclub.pro/articles/diagramma-isikavy-zachem-primenyat-i-kak-postroit> (Accessed: 10.09.2022)
9. The results of the survey / https://docs.google.com/forms/d/1Jn937Vfvc_QvcHoVzXcW6TVD9J31W1Fk2Qoyj-T1a0YI/edit#responses (Accessed: 30.06.2023)
10. Halyk Bank // Official website // <https://halykbank.kz/> (Accessed: 25.06.2023)
11. Bochkova E.V. Analysis of the e-commerce market in Russia and abroad and ways to improve it // Economics and Business, 2015.
12. Trofimova V.V. Development of Internet commerce in Russia and in the world // Business education in the knowledge economy, 2018 – 23 p.

Сведения об авторах:

Г.М. Садықова – доктор технических наук, профессор, Университет международного бизнеса им. Кенжегали Сагадиева, пр. Абая, 8а, Алматы, Казахстан.

Т.Б. Сулейменов – доктор технических наук, профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Т.Т. Султанов – кандидат технических наук, доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Г.М. Тлепиева – кандидат технических наук, доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Г.М. Садықова – техника ғылымдарының докторы, профессор, Кенжегали Сагадиев атындағы Халықаралық бизнес университеті, Абай даң., 8А, Алматы, Қазақстан.

Т.Б. Сулейменов – техника ғылымдарының докторы, профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтбаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Т.Т. Султанов – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтбаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Г.М. Тлепиева – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтбаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

G. Sadykova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Kenzhegali Sagadiyev University of International Business, 8 Abay Ave., Almaty, Kazakhstan.

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

T. Sultanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

G. Tlepieveva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

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.
- 3(144)/2023 - Астана: ЕҰУ. - 179 б.
Шартты б.т. – 11.18. Таралымы - 15 дана.
Басуға қол қойылды: 30.09.2023 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)