

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

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ
BULLETIN **ВЕСТНИК**
of L.N. Gumilyov Евразийского национального
Eurasian National University университета имени Л.Н. Гумилева

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY Series

Серия ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ

№ 1(142)/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

Акира Хасегава	проф., Хачинохе технологиялық институты, Хачинохе, Жапония
Акигоши 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
Куц С.	проф., Краков технологиялық университеті, Краков, Польша
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., Инчеон ұттық университеті, Инчеон, 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

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
Sabina Kuc	Prof., Cracow University of Technology, Cracow, Poland
Rustem Sakhapov	Prof., Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia
Tadatsugu Tanaka	Prof., University of Tokyo, Tokyo, Japan
Tulebekova Assel	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

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
Куц С.	проф., Краковский технологический университет, Краков, Польша
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 Чул 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>

МАЗМҰНЫ/ CONTENTS/ СОДЕРЖАНИЕ

- В.Н. Калякин.** Анизотропты дөңгелек пластиналарды шекті элементтермен зерттеу
V. Kaliakin. Finite Element Investigation of Anisotropic Circular Plates
В.Н. Калякин. Исследование методом конечных элементов анизотропных круглых пластин 7
- Е.Ю. Крючков, А.С. Кадыров, А.Б. Кукешева, Б.К. Курмашева, К.А. Синельников.** Автокөлік бәсеңдеткішінің пайдаланылған газдарын электр импульспен тазартудың эксперименттік жолмен анықтау
Ye. Kryuchkov, A. Kukesheva, A. Kadyrov, B. Kurmasheva, K. Sinelnikov. Experimental determination on cleaning the exhaust gas of an automobile muffler by an electric pulse
Е.Ю. Крючков, А.С. Кадыров, А.Б. Кукешева, Б.К. Курмашева, К.А. Синельников. Экспериментальное определение степени очистки выхлопного газа автомобильного глушителя электроимпульсом 23
- С.Р. Байгереев, Г.А. Гурьянов, О.Ю. Васильева.** Жаңа бисерлік ұсақтағыш конструкциясының эксперименттік зерттеуі
S. Baigereyev, G. Guryanov, O. Vasilyeva. The Experimental Investigation of a New Design of Stirred Media Mill
С.Р. Байгереев, Г.А. Гурьянов, О.Ю. Васильева. Экспериментальное исследование новой конструкции бисерной мельницы 32
- Н.Ж. Саржанов, А.Б. Абдрахман.** Қазақстандағы тұрғын үй құрылысын жаңарту және жаңғырту мәселелері
N. Sarzhanov, A. Abdrakhman. Renovation and modernization issues of residential development in Kazakhstan
Н.Ж. Саржанов, А.Б. Абдрахман. Проблемы реновации и модернизации жилой застройки в Казахстане 44
- А.А. Тойшиева, А.Д. Тойшиева, Д.М. Муканова.** Тұрғын үй кешендерінің "жасыл" саулетін қалыптастыру (Астана, Сидней мысалында)
A. Toishiyeva, A. Toishiyeva, D. Mukanova. Formation of "green" architecture of residential complexes (using the example of the Astana, Sydney)
А.А. Тойшиева, А.Д. Тойшиева, Д.М. Муканова. Формирование «зеленой» архитектуры жилых комплексов (на примере Астаны, Сиднея) 56
- Д.К. Кушалиев, Р.Б. Қорабай.** Функциялық тюнингтің түрі ретінде жаңа трибожұптасу қолданылуы бар цилиндр-поршеньдік топты жөндеу жинағын әзірлеу
D. Kushaliev, R. Korabay. Development of a cpg repair kit with the application of a new tribo joint as a type of functional tuning
Д.К. Кушалиев, Р.Б. Қорабай. Разработка ремонтного комплекта цпг с применением нового трибосопряжения как вида функционального тюнинга 67
- М.Т. Мурсалыкова, М.М. Какимов, А.Л. Касенов, Б.А. Лобасенко, Б.М. Искаков.** Мақсары майын өндіруге арналған пресс жабдығын жобалау және есептеу
M. Mursalykova, M. Kakimov, L. Kassenov, B. Lobassenko, B. Iskakov. Design and calculation of a press for the production of safflower oil
М.Т. Мурсалыкова, М.М. Какимов, А.Л. Касенов, Б.А. Лобасенко, Б.М. Искаков. Проектирование и расчет прессы для производства сафлорового масла 74
- А.А. Каражанов, Ж.Р. Алипбаев, У.Ш. Кокаев, А.Б. Забиева, С.О. Торебекова.** Дизель қозғалтқыштарының негізгі көрсеткіштеріне аралас отынның әсерін экологиялық бағалау
A. Karazhanov, Zh. Alipbayev, U. Kokaev, A. Zabiyeva, S. Torebekova. Environmental assessment of the impact

of mixed fuel on the main indicators of diesel engines

А.А. Каражанов, Ж.Р. Алимбаев, У.Ш. Кокаев, А.Б. Забиева, С.О. Торебекова. Экологическая оценка влияния смешанного топлива на основные показатели дизельных двигателей

89

И. Таубалды, Д.А. Ахметов, А. Ракишева. Кешенді тәсілмен бетонның беріктігін сынау: бұзу, бұзбау және сымсыз сенсорлық бақылау әдістерінің үйлесуі

I. Taubaldy, D. Akhmetov, A. Rakisheva. A comprehensive approach to concrete strength testing: combining destructive, non-destructive and wireless sensor methods

И. Таубалды, Д.А. Ахметов, А. Ракишева. Комплексный подход к испытанию бетона на прочность: сочетание разрушающего, неразрушающего и беспроводного сенсорного методов

98

А. Түлебекова, Г. Танырбергенова, А. Жанкина, Г. Байзакова. Топырақтың шөгуді кезіндегі арматураның тиімділігі

A. Tulebekova, G. Tanyrbergenova, A. Zhankina, G. Baizakova. Effectiveness of reinforcement on soil subsidence

А. Түлебекова, Г. Танырбергенова, А. Жанкина, Г. Байзакова. Эффективность армирования на просадочность грунта

107

Ж.А. Шахмов, Г.Т. Тлеуленова, Е.Б. Утепов. Қазақстанның инженерлік-геологиялық жағдайында құбырдың негізін зерттеу

Zh. Shakhmou, G. Tleulenoova, Ye. Utepow. Survey of overpass foundation in engineering-geological condition of Kazakhstan

Ж.А. Шахмов, Г.Т. Тлеуленова, Е.Б. Утепов. Обследование основания путепровода в инженерно-геологических условиях Казахстана

116

Ж.Б. Ахаева, А.Б. Закирова, Г.Б. Толегенова, Л.С. Алдашева. Смарт қаланың ТКШ ресурстарын нақты уақыт режимінде жедел басқару үшін мультиагенттік жүйені әзірлеу

Zh. Akhayeova, A. Zakirova, G. Tolegenova, L. Aldasheva. Development of a multi-agent system for operational management of Smart City housing and communal services resources in real time

Ж.Б. Ахаева, А.Б. Закирова, Г.Б. Толегенова, Л.С. Алдашева. Разработка мультиагентной системы для оперативного управления ресурсами ЖКХ Смарт города в режиме реального времени

127

И. Мизанбеков, С. Бекбосынов, Л. Лыткина. Солтүстік Қазақстан жағдайында астық тасымалдау құнына әсер ететін факторлар

I. Mizanbekov, S. Bekbosynov, L. Lytkina. Factors affecting the cost of grain transportation in Northern Kazakhstan

И. Мизанбеков, С. Бекбосынов, Л. Лыткина. Факторы, влияющие на стоимость перевозки зерна в условиях Северного Казахстана

137

Е.К. Дүйсебай, Р.В. Бокачёв. Сәулеттік кеңістіктегі табиғи ортасын үйлестіру принциптері

E. Duysabay, R. Bokachyov. Principles of harmonization of the natural environment in architectural space

Е.К. Дүйсебай, Р.В. Бокачёв. Принципы гармонизации природной среды в архитектурном пространстве

146

Ғ.К. Каленов, Н.Қ. Карбаев, Б.Т. Оразалиев, А. Сәрсенқызы. Тауарлы бетонды тасымалдау кезінде автомобиль дірілін азайту

G. Kalenov, N. Karbaev, B. Orazaliev, A. Sarsenovna. Reduction of vehicle vibration during the transportation of ready-mixed concrete

Ғ.К. Каленов, Н.Қ. Карбаев, Б.Т. Оразалиев, А. Сәрсенқызы. Снижение колебания автомобиля при перевозке товарного бетона

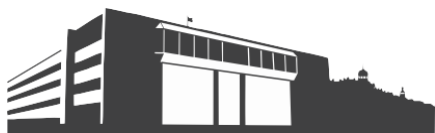
157

Л.В. Вахитова, Ж.Ж. Альтаева, Д.Н. Отегенов, Т.А. Сагымбаев. Қазіргі жағдайда алыс, жергілікті және қала маңындағы жолаушылар тасымалын оңтайландыру жолдары

L. Vakhitova, Zh. Altaeva, D. Utegenov, T. Sagymbayev. Ways to optimize long-distance, local and suburban passenger transportation in modern conditions

Л.В. Вахитова, Ж.Ж. Альтаева, Д.Н. Отегенов, Т.А. Сагымбаев. Пути оптимизации дальних, местных и пригородных пассажирских перевозок в современных условиях

165



Finite Element Investigation of Anisotropic Circular Plates

Abstract. The mathematical modeling and finite element analysis of solid circular plates, analyzed using continuum finite elements under conditions of axisymmetry, is investigated in this paper. Both isotropic and anisotropic material characterizations are considered. Once a suitable “baseline” model is developed, parametric analyses are performed so as to gain insight into the behavior of anisotropic solid circular plates.

Keywords: circular plates, anisotropy, transverse isotropy, axisymmetry, finite element method.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-7-22

1. Introduction

In structural mechanics, it is often possible to take advantage of the intrinsic structural behavior of a particular type of body to permit an *a priori* simplification of the spatial dependence of stress and deformation in the body. In this manner, it becomes possible to define and utilize effectively special theories of beams, cables, membranes, plates, shells, and so on. In each of these cases the geometric features of the body, together with the usual pattern of imposed loading, provide an opportunity to simplify the modeling process and to develop a model of lower spatial dimension.

A plate is a three-dimensional deformable body with two of the dimensions much greater than the third. Roughly speaking, a plate satisfies the requirement that $h \ll L$, where h is the thickness of the plate and L represents a characteristic dimension of the plate. By taking advantage of the fact that one characteristic dimension of the plate is much smaller than the other two, the general three-dimensional problem is reduced to a two-dimensional one.

General plate theories are commonly classified based on certain kinematic limitations related to the transverse displacement (w) of the plate. For example, in the “small” deflection theory of thin plates due to Lagrange, Poisson and Kirchhoff [6], $w \ll h$. In the “large” deflection theory of thin plates, the governing nonlinear partial differential equations are the so-called “Foppl - von Karman equations” [2, 5]. In this theory, w is approximately equal to h . The theory of moderately thick plates is due to Reissner [10] and Mindlin [8]. Finally, in membrane theory [2], $w \gg h$.

The number of analytical (closed form) solutions available using such theories is somewhat limited, especially for plates employing an anisotropic material characterization. This is especially true for circular plates.

The use of numerical approaches such as the finite element and finite difference methods facilitates the analysis of plates in that such methods easily account for material inhomogeneity, variable plate thickness, anisotropic material idealizations, and so forth. Indeed, a plethora of specialized plate bending elements, having varying degrees of complexity, have been developed over the years for use in conjunction finite element analyses [13].

An alternative to such specialized elements are standard continuum elements. The use of such elements to mathematically model and simulate the behavior of plates has the advantage that no a priori assumptions regarding the associated kinematics need to be made. The plate is simply analyzed as an elastic body, with the kinematics dictated by the nature of the strain-displacement equations assumed in the formulation of the continuum elements. Finally, the level of material anisotropy characterizing the material is easily selected.

This paper investigates the mathematical modeling and finite element analysis of solid circular plates, analyzed using continuum finite elements under conditions of torsionless axisymmetry. Both isotropic and anisotropic material idealizations are considered. Once a suitable "baseline" model is developed, parametric analyses are performed on such plates with anisotropic material idealizations so as to gain insight into their behavior.

2. Background Information

Figure 1 shows a typical solid circular plate with outer radius equal to a and a thickness of h . Here r , θ , and z denote the radial, axial, and circumferential coordinates, respectively.

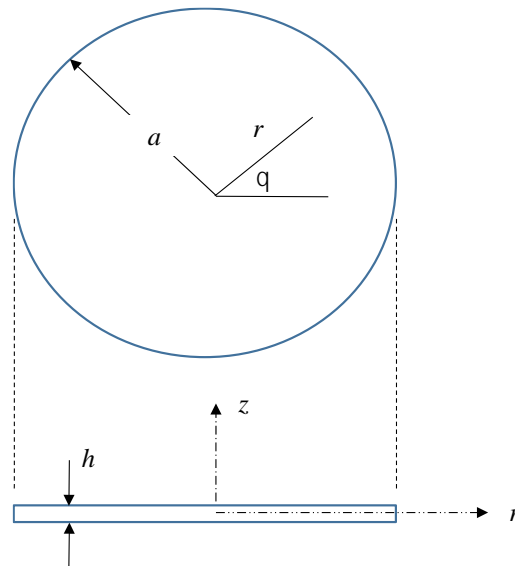


Figure 1. Schematic illustration of a solid circular plate in a cylindrical coordinate system

If the applied loading, the support conditions along the outer edge of the plate and the material idealization are independent of θ , the circular plate can be analyzed as a two-dimensional torsionless axisymmetric problem. The continuum elements suitable for the finite element analysis of such problems are thus triangles and quadrilaterals; the development of such elements follows a standard procedure [3].

3. Kinematic Relations

Assuming infinitesimal displacements and displacement gradients, the strain components, in cylindrical coordinates, associated with a torsionless axisymmetric analysis are

$$\varepsilon_{rr} = \frac{\partial u}{\partial r} \quad ; \quad \varepsilon_{zz} = \frac{\partial v}{\partial z} \quad ; \quad \varepsilon_{\theta\theta} = \frac{u}{r} \quad ; \quad \gamma_{rz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial r} \quad (1)$$

where u and v denote the to the radial and axial displacements, respectively, and γ_{rz} denotes an “engineering” shear strain.

4. Constitutive Relations

Written in direct form, the general anisotropic elastic constitutive relations are written as $\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{A}\boldsymbol{\sigma}$, where \mathbf{A} is a symmetric compliance matrix, and

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \left\{ \varepsilon_{rr} \quad \varepsilon_{zz} \quad \varepsilon_{\theta\theta} \quad \gamma_{rz} \right\}^T \quad ; \quad \boldsymbol{\sigma} = \left\{ \sigma_{rr} \quad \sigma_{zz} \quad \sigma_{\theta\theta} \quad \sigma_{rz} \right\}^T \quad (2)$$

where ε_{rr} , ε_{zz} , $\varepsilon_{\theta\theta}$ and γ_{rz} are as defined in Equation (1) and σ_{rr} , σ_{zz} , $\sigma_{\theta\theta}$ and σ_{rz} are the corresponding stress components. In Equation (2), the superscript T denotes the operation of vector transposition.

Concerning material symmetries, a state of *general* anisotropy is not applicable for torsionless axisymmetric material idealizations, for conditions of axial symmetry cannot be maintained under such a state. A special case of anisotropy, consisting of a homogeneous, elastic transversely isotropic material bounded by one or more coaxial surfaces of revolution to give the axisymmetrically stratified material shown schematically in Figure 2 is, however, possible [7].

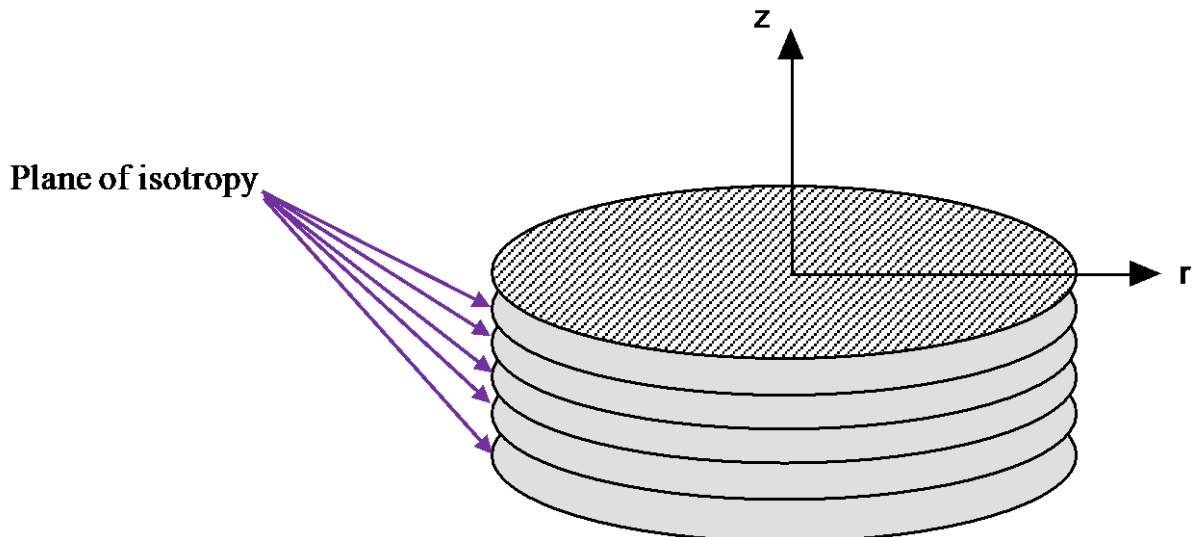


Figure 2. Schematic illustration of axisymmetrically stratified body

The associated compliance matrix is then

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1/E_1 & -\nu_{21}/E_2 & -\nu_{31}/E_1 & 0 \\ -\nu_{12}/E_1 & 1/E_2 & -\nu_{32}/E_1 & 0 \\ -\nu_{13}/E_1 & -\nu_{23}/E_2 & 1/E_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/G_{12} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Symmetry of \mathbf{A} requires that

$$\frac{\nu_{21}}{E_2} = \frac{\nu_{12}}{E_1} \quad ; \quad \nu_{31} = \nu_{13} \quad ; \quad \frac{\nu_{32}}{E_1} = \frac{\nu_{23}}{E_2} \quad (4)$$

Thus, only *five* of the elastic constants entering the above equations are independent; i.e., E_1 , E_2 , ν_{12} , ν_{13} , and G_{12} . These constants are interpreted as follows [7]: E_1 is the elastic modulus for tension and

compression in the plane of isotropy, E_2 is the elastic modulus for tension and compression in a direction perpendicular to the plane of isotropy, ν_{12} is the Poisson's ratio characterizing contraction in a direction normal to the plane of isotropy resulting from tension in this plane, ν_{13} is the Poisson's ratio characterizing contraction in the plane of isotropy resulting from tension in the same plane, and G_{12} is the shear modulus for the perpendicular (radial) plane.

Using the infinitesimal strain-displacement relations given by Equation (1), along with the transversely isotropic constitutive relation given by Equation (3), two-dimensional continuum elements (i.e., triangles and quadrilaterals) suitable for torsionless axisymmetric analyses are developed following a standard procedure [3].

5. Development of Mathematical Models

The solid circular plate analyzed in this paper is assumed to have a radius of $a = 1.50$ m and a thickness of $h = 0.075$ m. The ratio of the thickness of the plate to its diameter is thus $h/2a = 0.025$, which constitutes a "thin" plate [12]. The anisotropic material is assumed to be a T300/5208 carbon/epoxy composite that is characterized by the following values of the elastic constants [9]: $E_1 = 1.090 \times 10^7$ kPa, $E_2 = 1.530 \times 10^8$ kPa, $\nu_{12} = 0.0210$, $\nu_{13} = 0.0214$ and $G_{12} = 5.600 \times 10^6$ kPa. All analyses described in this paper were performed using the APES+ computer program [4].

Before analyzing the circular plate, it is necessary to determine a mesh that is suitably fine so as to give accurate results. For this purpose, the plate material is assumed to be isotropic linear elastic with an elastic modulus $E = 8.195 \times 10^7$ kPa (an average of E_1 and E_2) and a Poisson's ratio of $\nu = 0.30$.

The plate is loaded by a uniformly distributed load of $q = 6.0$ kPa. To properly account for conditions along the axis of symmetry (i.e., $r = 0$), the nodal constraint $u = 0$ must be specified at all nodes along this axis. Along its outer edge, the plate is assumed to be simply supported. To account for this edge condition, at the point $(r, z) = (a, 0)$, $u = v = 0$ is specified. Figure 3 shows the mathematical model used in the finite element analyses of the uniformly loaded, simply supported solid circular plate.

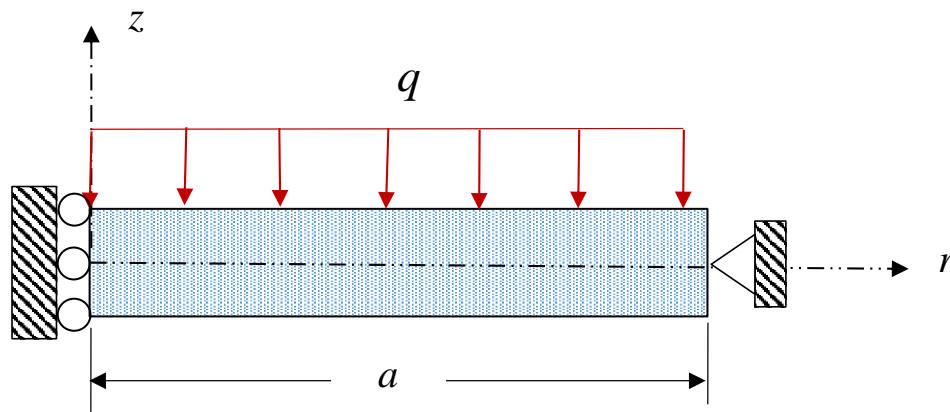


Figure 3. Mathematical model of uniformly loaded, simply supported solid circular plate

According to the Lagrange-Poisson-Kirchhoff thin plate theory, the transverse displacement of this plate is given by [12]

$$v(r) = -\frac{q(a^2 - r^2)}{64D} \left[\left(\frac{5 + \nu}{1 + \nu} \right) a^2 - r^2 \right] \quad (5)$$

where $D = Eh^3 / 12(1 - \nu^2)$.

The plate is first discretized using bi-linear, 4-node quadrilateral (Q4) elements. The first mesh consists of two elements in the z -direction by five elements in the r -direction. Figure 4 plots the approximate transverse displacement along the r -axis, normalized by the value given by Equation (5), versus the radial distance (r) along the plate normalized by the radius a . As evident from this figure, the 2 by 5 mesh of Q4 elements (31 unconstrained displacement degrees of freedom) significantly underpredicts the transverse displacement of the plate. Stated in another way, the 2 by 5 mesh of Q4 elements is *too stiff*.

The mesh is next refined by doubling the number of elements in both the z and r -directions. The results of this 4 by 10 mesh of Q4 elements (103 unconstrained displacement degrees of freedom) are also plotted in Figure 4. Although these results are more accurate than for the 2 by 5 mesh, they are still only about 84% of the thin plate solution given by Equation (5). Continued mesh refinement to an 8 by 20 mesh (367 unconstrained displacement degrees of freedom) and then a 16 by 40 mesh (1375 unconstrained displacement degrees of freedom) finally gives approximate transverse displacements that are equal to the thin plate solution (see Figure 4).

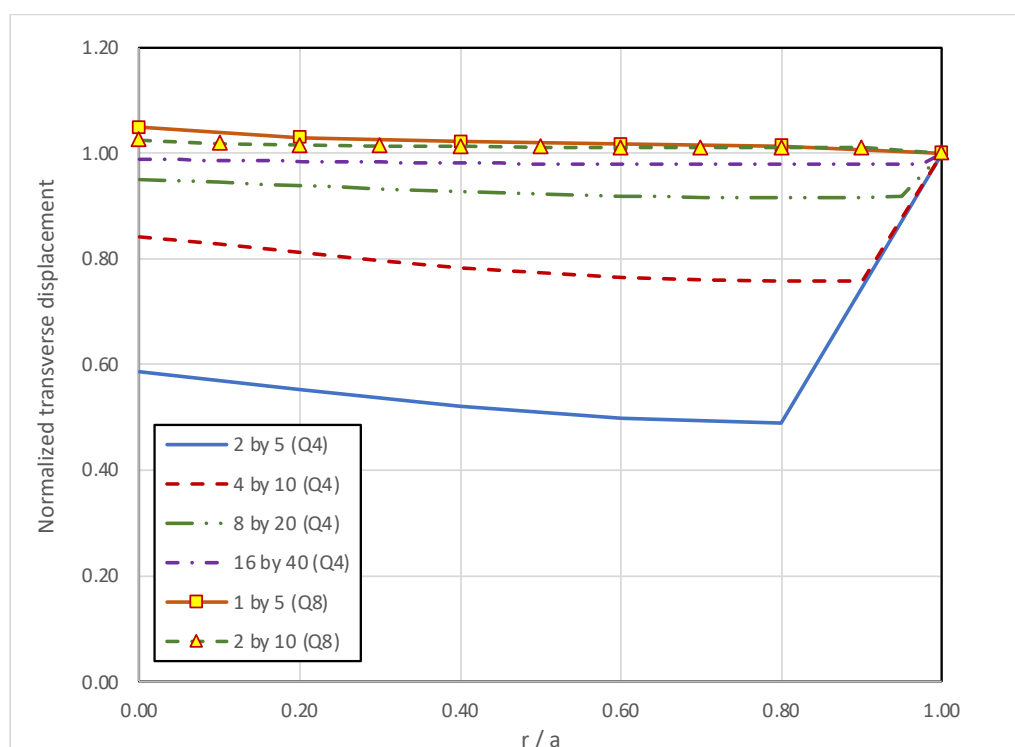


Figure 4. Summary of mesh sensitivity study for a uniformly loaded, simply supported, isotropic elastic thin solid circular plate

The plate is next discretized using bi-quadratic, 8-node quadrilateral (Q8) elements. The first mesh consists of one element in the z -direction by 5 elements in the r -direction (51 unconstrained displacement degrees of freedom). As evident from Figure 4, the approximate solution is very close to the thin plate solution. Since the latter solution neglects shear deformations but the continuum elements include such deformations, convergence to a normalized transverse displacement slightly in excess of unity (1.00) is to be expected. This observation is supported by the results of a 2 by 10 mesh of Q8 elements (143 unconstrained displacement degrees of freedom), which are also plotted in Figure 4.

Based on the results shown in Figure 4, it is evident that the performance of the Q8 elements is significantly more efficient than for the Q4 elements. This observation is consistent with similar findings made in beam bending simulations [1]. Consequently, in all subsequent analyses of solid circular plates made in this paper, the 2 by 10 mesh of Q8 elements constitutes the “baseline” mesh.

6. Parametric Analysis of a Thin Anisotropic Solid Circular Plate

The uniformly loaded, simply supported solid circular plate whose mathematical model is shown in Figure 3 is next assumed to be made of the T300/5208 carbon/epoxy composite that is characterized using the model parameter values given in Section 5.

A series of parametric analyses of this plate was performed to gain insight into the behavior of a solid circular plate that is characterized by the aforementioned transversely isotropic material idealization. In each such analysis, one parameter value is varied while all other aspects of the mathematical model are unchanged from the “baseline” values given in Section 5. These “baseline” values of the model parameters give the following ratios: $n = E_1/E_2 = 0.071$, $m = \nu_{12}/\nu_{13} = 0.981$, and $p = G_{12}/E_2 = 0.037$.

The 2 by 10 mesh of bi-quadratic 8-node quadrilateral (Q8) elements, which was verified for accuracy in Section 5, is used in all the parametric analyses.

6.1 Effect of Variations in E_1

In the first set of parametric analyses, the value of $n = E_1/E_2$ is increased from the “baseline” value of 0.071 to 1.0, 5.0 and then to 10.0. These values are obtained by keeping the value of E_2 constant and suitably increasing the value of E_1 . Figure 5 shows the variation of the radial stress (σ_r) with normalized depth ($2z/h$) as a function of n near the mid-span of the plate (i.e., for r approximately equal to $a/2$). As evident from this figure, variations in n have very little effect on the simulated radial stress distribution.

Figure 6 shows the variation of the circumferential stress ($\sigma_{\theta\theta}$) with normalized depth ($2z/h$) as a function of n near the mid-span of the plate. As evident from this figure, variations in n have essentially no effect on the simulated circumferential stress distribution, which remains linear through the depth of the plate.

To better understand the results shown in Figures 5 and 6, consider the radial and circumferential stress distributions associated with a uniformly loaded, simply supported solid circular plate that is characterized as an *isotropic* elastic material; viz., [12]

$$\sigma_{rr} = -\frac{3\bar{q}z}{4h^3} (3 + \nu)(a^2 - r^2) \quad ; \quad \sigma_{\theta\theta} = -\frac{3\bar{q}z}{4h^3} \left[a^2(3 + \nu) - r^2(1 + 3\nu) \right] \quad (6)$$

From Equations (6) it is evident that, for a given value of Poisson’s ratio (ν), the radial and circumferential stress distributions are independent of the elastic modulus (E). In a similar manner, for the present transversely isotropic material idealization, increases in the value of E_1 have negligible effects on the radial and circumferential stress distributions.

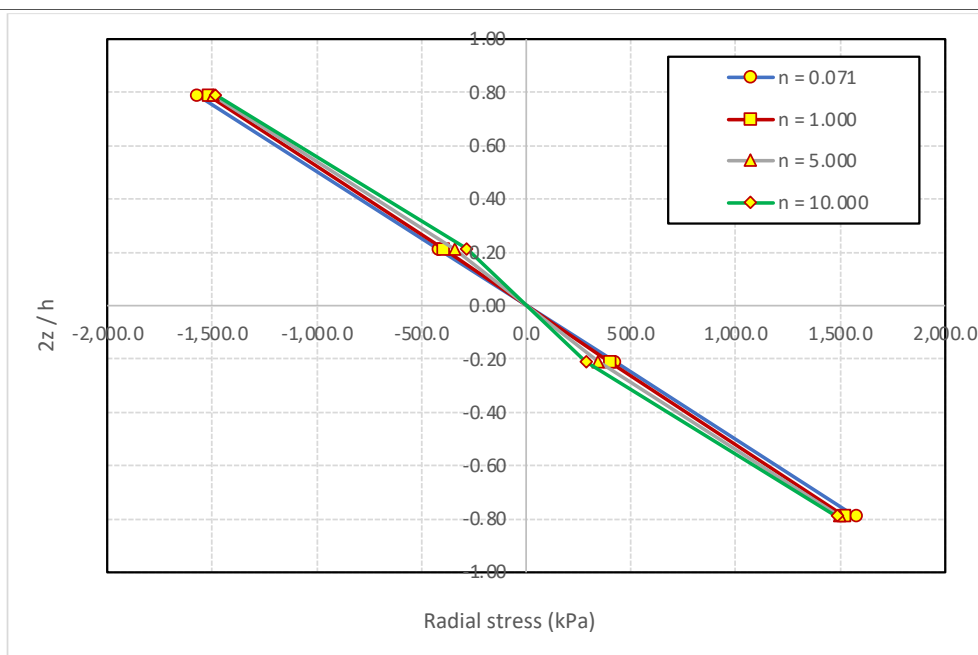


Figure 5. Effect of variations in $n = E_1/E_2$ on the simulated radial stress distribution through the depth of a solid circular plate

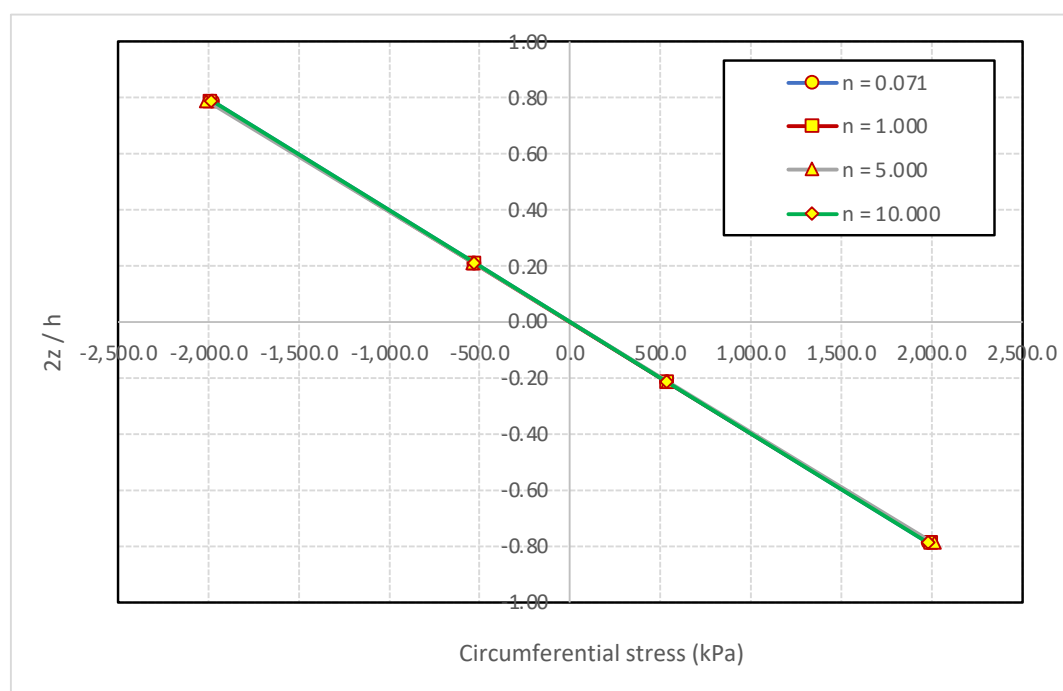


Figure 6. Effect of variations in $n = E_1/E_2$ on the simulated circumferential stress distribution through the depth of a solid circular plate

Figure 7 shows the variation of the axial stress (σ_{zz}) with normalized depth ($2z/h$) as a function of n near the mid-span of the plate. As evident from this figure, variations in n have a rather pronounced effect on the simulated σ_{zz} distribution. In particular, for $n = 0.071$, the axial stress changes sign with depth from positive (tensile) to negative (compressive). For higher values of n , σ_{zz} remains negative (i.e., compressive) throughout the depth and the magnitude of this stress is significantly lower than for $n = 0.071$.

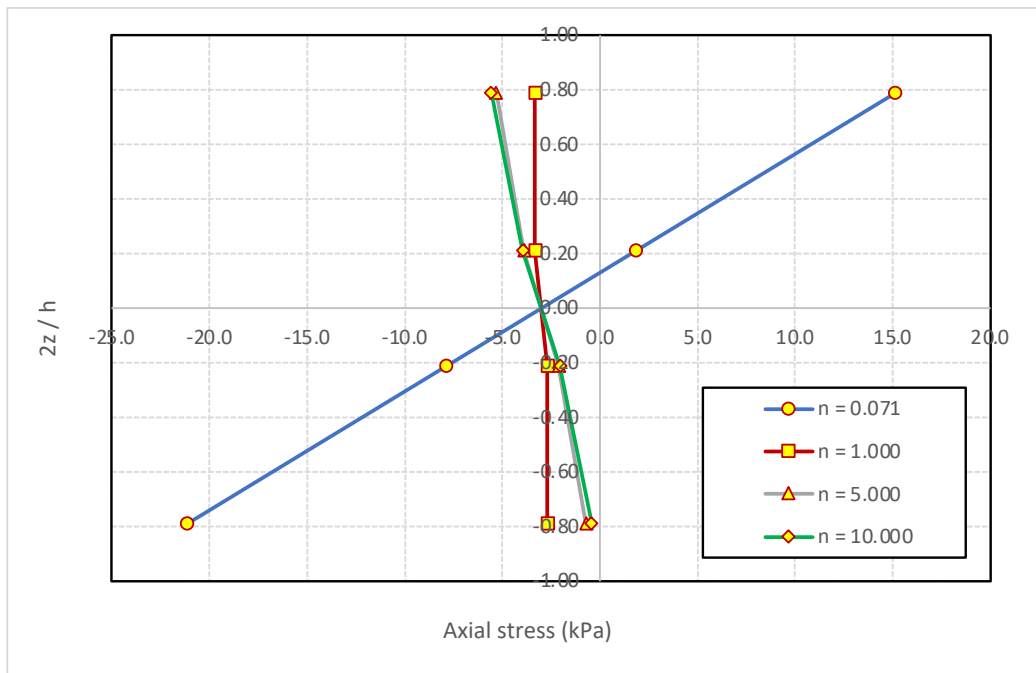


Figure 7. Effect of variations in $n = E_1/E_2$ on the simulated axial stress distribution through the depth of a solid circular plate

6.2 Effect of Variations in ν_{12}

In the second set of parametric analyses, the value of $m = \nu_{12}/\nu_{13}$ is varied from the “baseline” value of 0.981. In particular, values of $m = 0.100$ and 5.000 compliment this “baseline” value. These values are obtained by keeping the value of ν_{13} constant and suitably varying the value of ν_{12} .

Variations in m do not affect the radial, circumferential and shear stress distributions; the figures showing the simulated stresses are thus omitted for brevity. By contrast, as evident from Figure 8, changes in m have a pronounced effect on the axial stress distribution near the mid-span of the plate. In particular, for a value of $m = 0.100$, σ_{zz} is purely negative (i.e., compressive). Increases in m cause the axial stress distribution through the depth to change sign and to increase in magnitude.

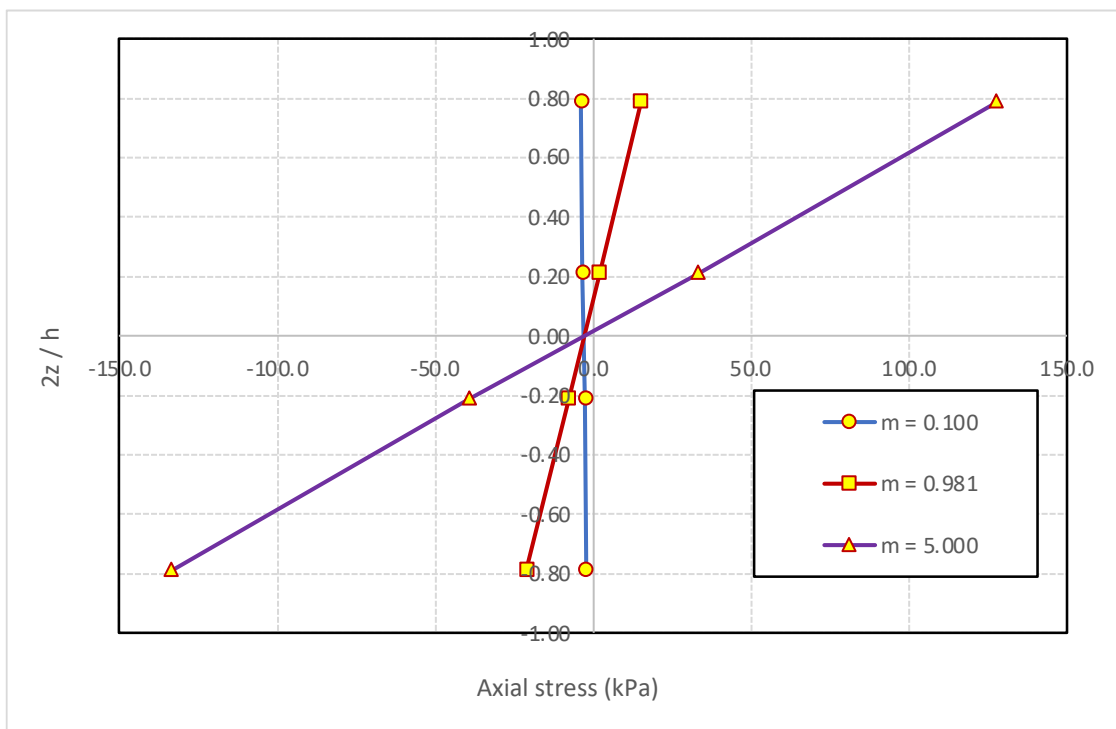


Figure 8. Effect of variations in $m = \nu_{12}/\nu_{13}$ on the simulated axial stress distribution through the depth of a solid circular plate

6.3 Effect of Variations in G_{12}

In the final set of parametric analyses, the value of $p = G_{12}/E_2$ is varied from the “baseline” value of 0.037. In particular, values of $p = 0.250$ and 1.000 compliment this “baseline” value. These values of p are obtained by keeping the value of E_2 constant and suitably increasing the value of G_{12} .

Variations in p do not affect the radial and circumferential stress distributions; the figures showing the simulated stresses are thus omitted for brevity. As evident from Figure 9, variations in p do affect the σ_{zz} distribution in the plate. In particular, increases in p cause the axial stress distribution to change sign in the top and bottom halves of the cross-section.

Increases in p (and thus G_{12}) stiffen the shear response in the r - z plane. Consequently, the shear strains and shear stresses (σ_{rz}) will be reduced. This trend is confirmed by Figure 10.

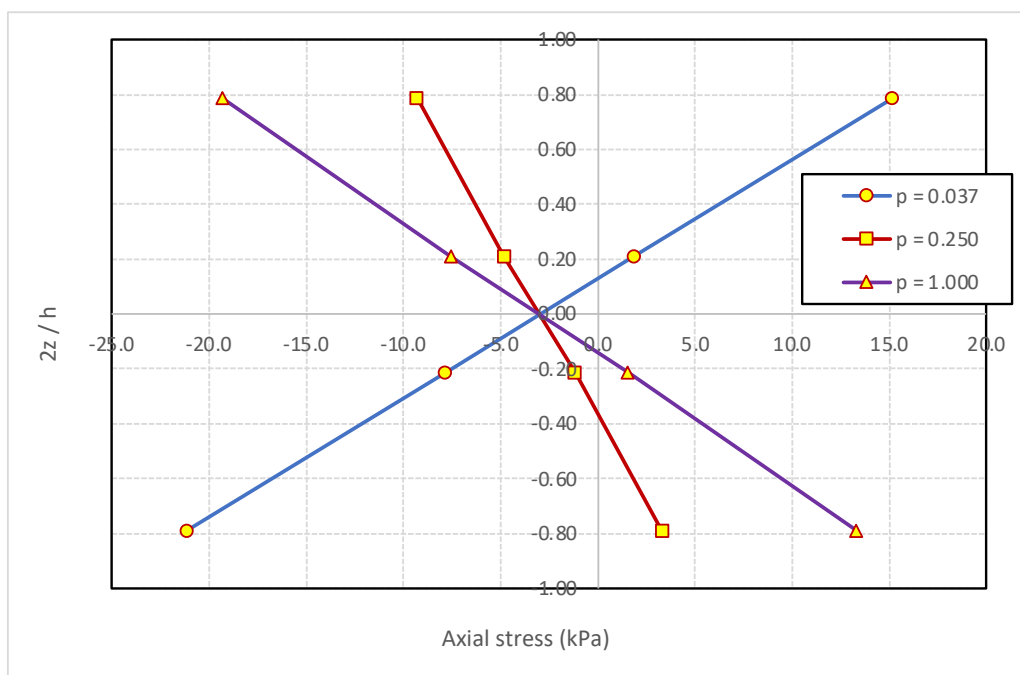


Figure 9. Effect of variations in $p = G_{12}/E_2$ on the simulated axial stress distribution through the depth of a solid circular plate

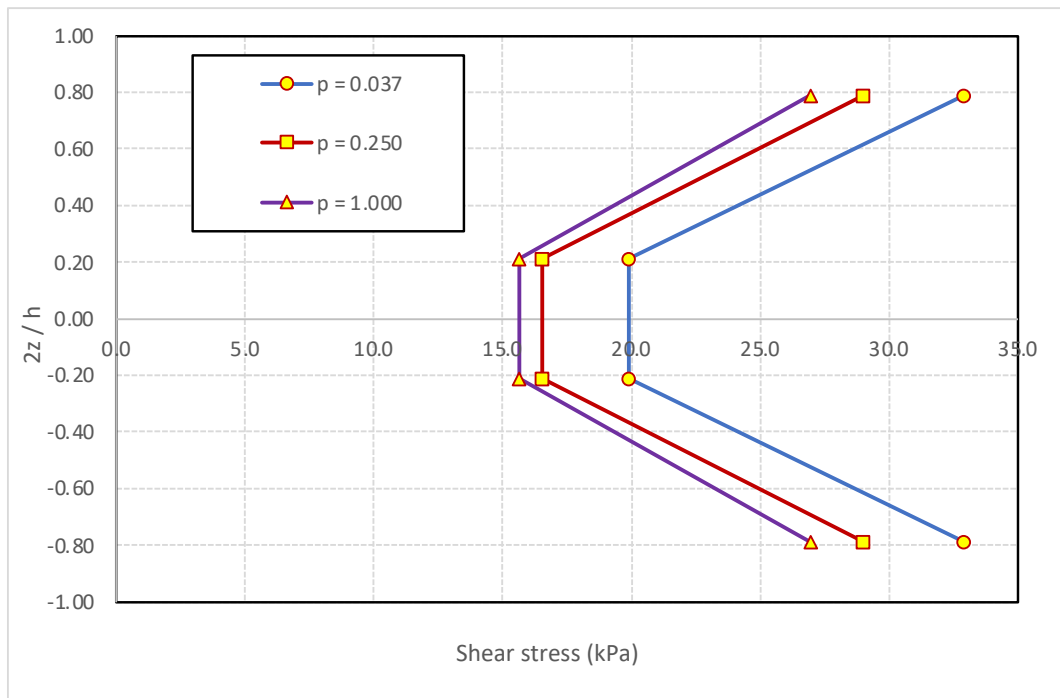


Figure 10. Effect of variations in $p = G_{12}/E_2$ on the simulated shear stress distribution through the depth of a solid circular plate

7. Parametric Analysis of a Thick Anisotropic Solid Circular Plate

Specialized structural plate bending theories typically have restrictions regarding the thickness of the plate. For example, the Lagrange-Poisson- Kirchhoff thin plate theory is restricted to very thin plates [12]. The Reissner-Mindlin theory [10, 8], on the other hand, is applicable to moderately thick plates.

One of the benefits of analyzing plates using continuum elements is that there are no restrictions placed on the thickness of the plate, provided that the strains in the plate remain infinitesimal (recall the discussion of kinematic relations given in Section 3).

To investigate the effect that variations in thickness have on the simulated bending response of a solid circular plate, the plate having a radius of $a = 1.50$ m is again analyzed. Instead of the simply supported edge considered in Sections 5 and 6, the outer edge of the plate is now assumed to be clamped. The constraint $u = v = 0.0$ is thus specified at all nodes located on the boundary $r = a$.

The plate is idealized as a transversely isotropic material; the values of the associated material parameters are as given in Section 5.

A concentrated force (P) that is statically equivalent to the total force associated with the uniformly distributed force per unit area (q) is applied at the center of the plate. That is, $P = q(\pi a^2) = (6.0 \text{ kPa})(\pi)(1.50 \text{ m})^2 = 42.4 \text{ kN}$. Figure 11 shows the mathematical model used in the finite element analyses of the clamped solid circular plate subjected to a concentrated force applied at the center of the plate.

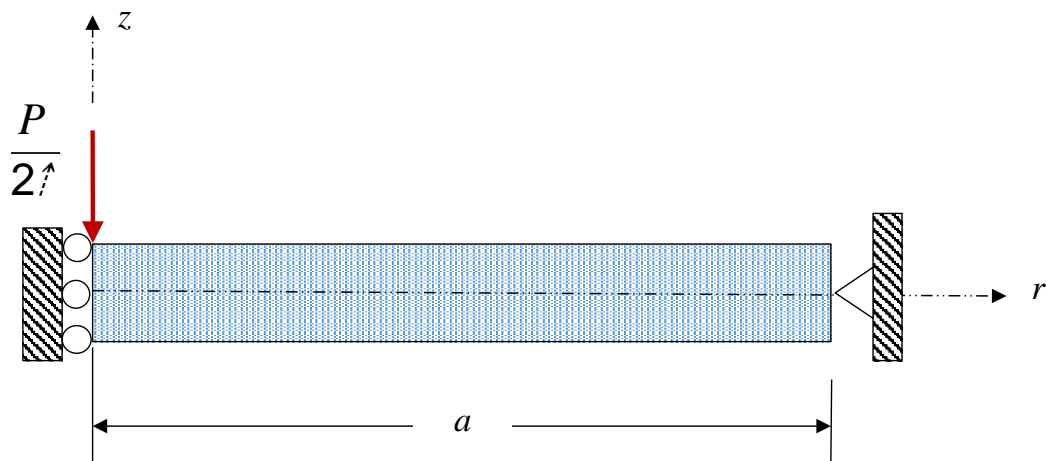


Figure 11: Mathematical model of clamped solid circular plate subjected to a concentrated force applied at the center of the plate

The thickness of the plate (h) is next varied. In particular, h is first assumed to equal to 0.300 m. The thickness to diameter ratio ($h/2a$) is thus 0.100, which corresponds to a thin plate. To maintain the same sized elements through the thickness of the solid circular plate, an 8 by 10 mesh of Q8 elements is used to discretize the plate. The plate thickness is next increased to 0.600 m. Now $h/2a = 0.200$, which corresponds to a moderately thick plate. For consistency, a 16 by 10 mesh of Q8 elements is used to discretize the plate. Finally, the plate thickness is increased to 0.600 m. Now $h/2a = 0.400$, which corresponds to a thick plate. For consistency, a 32 by 10 mesh of Q8 elements is used to discretize the plate.

Figure 12 shows the variation of σ_{rr} with normalized depth ($2z/h$) as a function of h near the mid-span of the plate. As evident from this figure, increases in h cause the distribution of σ_{rr} to deviate from linearity. This phenomenon is similar to the variation of the normal stress distribution observed in deep beams [11]. Since more material is present in plates with increased thickness (for the same applied force), the magnitude of σ_{rr} decreases with increases in h .

Figure 13 shows the variation of $\sigma_{\theta\theta}$ with normalized depth as a function of h near the mid-span of the plate. Similar to the σ_{rr} distribution, linearity of $\sigma_{\theta\theta}$ is lost with increases in h . also similar to the case of σ_{rr} , the magnitude of $\sigma_{\theta\theta}$ decreases with increases in plate thickness.

The variation of the axial stress distribution with normalized depth as a function of h is very similar to the σ_{rr} distribution shown in Figure 13. Consequently, the figure showing the simulated σ_{zz} values is thus omitted for brevity.

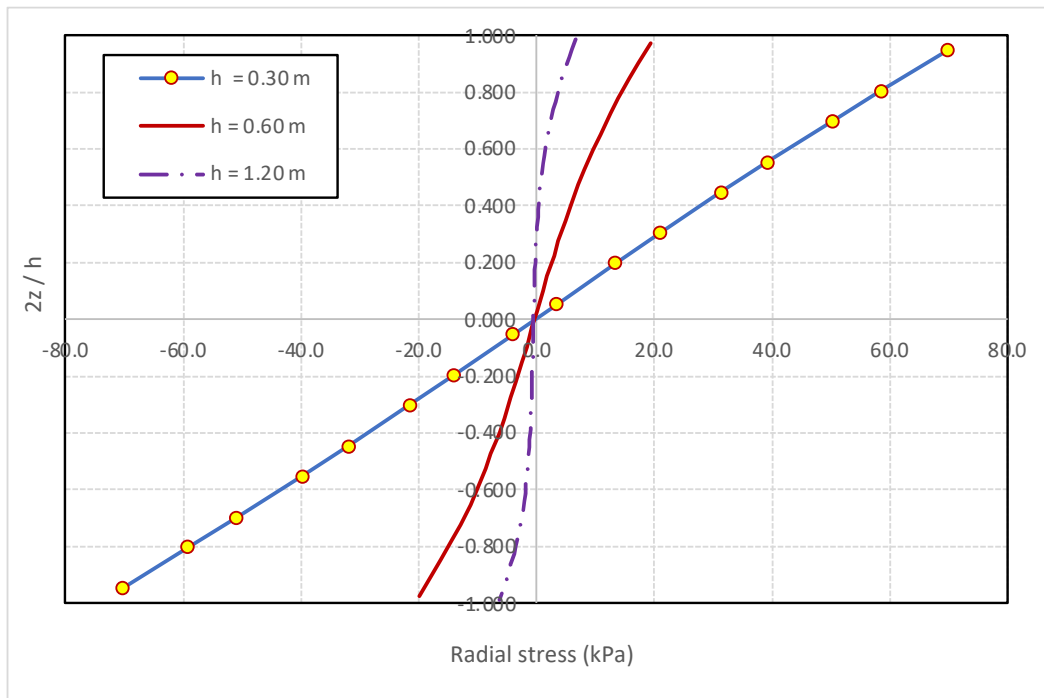


Figure 12. Effect of variations in plate thickness (h) on the simulated radial stress distribution through the depth of a transversely isotropic solid circular plate

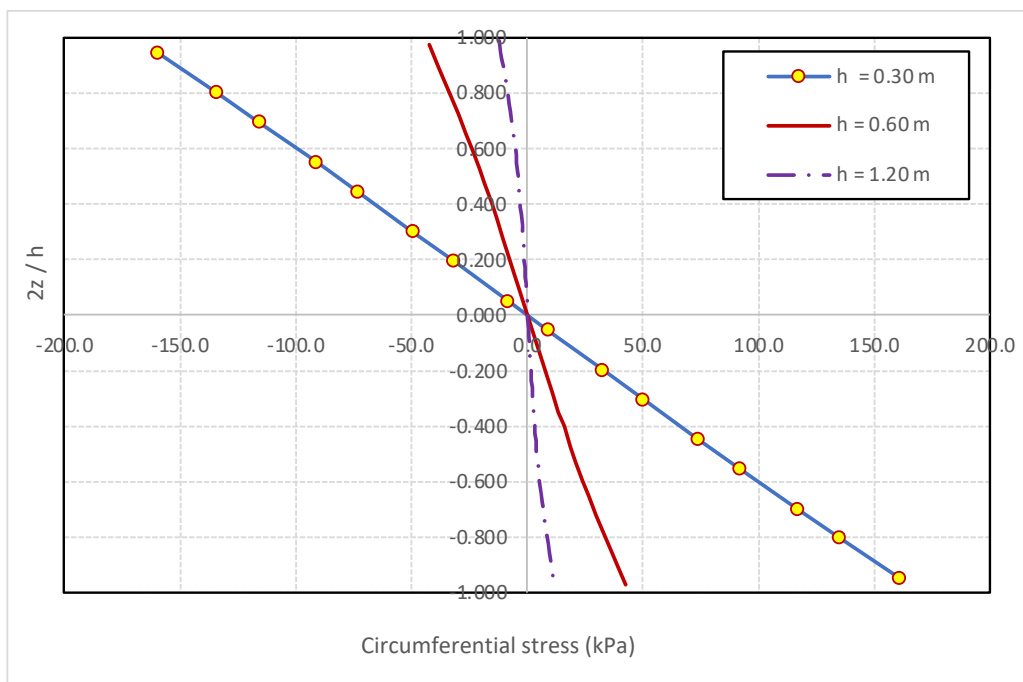


Figure 13. Effect of variations in plate thickness (h) on the simulated circumferential stress distribution through the depth of a transversely isotropic solid circular plate

Figure 14 shows the variation of σ_{rz} with normalized depth as a function of h near the mid-span of the plate. As evident from this figure, the parabolic distribution of σ_{rz} is largely maintained with increasing values of h . Similar to the σ_r and $\sigma_{\theta\theta}$ distributions, the magnitude of σ_{rz} decreases with increases in h as there is more material available to support the same magnitude of P .

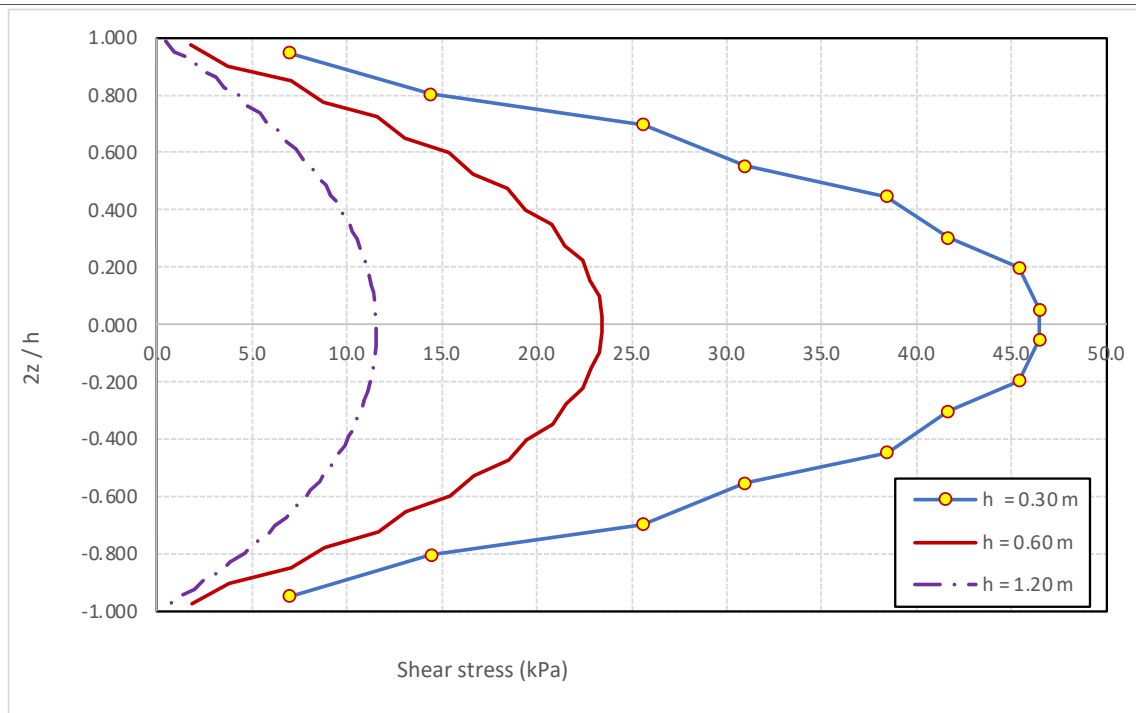


Figure 14. Effect of variations in plate thickness (h) on the simulated shear stress distribution through the depth of a transversely isotropic solid circular plate

8. Conclusions

The mathematical modeling and torsionless axisymmetric finite element analysis of solid circular plates with isotropic and anisotropic material idealizations was described in this paper. Once a suitable “baseline” model was developed, parametric analyses were performed on the plate so as to gain insight into the behavior of anisotropic circular plates. Based on the results of the aforementioned analyses, the following conclusions were reached.

In simulating the bending of circular plates using continuum elements, the performance of quadratic quadrilateral elements was superior to that of linear elements. This is consistent with beam bending simulations, where linear elements are known to exhibit fictitious (“parasitic”) shear deformations that stiffen the simulated response [1].

When simulating the response of a transversely isotropic solid circular plate, variations in the ratio $n = E_1/E_2$ had essentially no effect on the radial and circumferential stress distributions. Increases in n did, however, cause the axial stress to transition from a linear distribution that changed sign with depth from positive (tensile) to negative (compressive) to a distribution that was purely compressive.

Variations in $m = \nu_{12}/\nu_{13}$ did not affect the radial, circumferential and shear stress distributions. Changes in m did have a pronounced effect on the axial stress distribution. In particular, for a value of $m = 0.100$, the axial stress is purely negative (i.e., compressive). Increases in m caused the axial stress distribution through the depth to change sign and to increase in magnitude.

Variations in $p = G_{12}/E_2$ did not affect the radial or circumferential stress distributions. Increases in p did affect the axial stress distribution, causing the axial stress distribution to change sign in the top and bottom halves of the cross-section. Increases in p also stiffen the plate’s shear response in the r - z plane, causing the magnitude of the shear strain and shear stress to reduce.

Increases in the plate thickness cause the radial and circumferential stress distributions to become nonlinear through the depth of a transversely isotropic solid circular plate. This is consistent with the distribution of normal stresses in a deep beam [11]. The magnitude of the radial and circumferential stresses decreases with increasing plate thickness.

Increases in plate thickness do not affect the parabolic distribution with depth of the shear stress. Similar to the radial and circumferential stress distributions, the magnitude of the shear stress decreases with increasing plate thickness.

Acknowledgments

A portion of this paper was written while the author was a Visiting Foreign Professor at the L. N. Gumilyov Eurasian National University in Astana, Kazakhstan.

References

1. Concepts and Applications of Finite Element Analysis / R. D. Cook, D. S. Malkus, M. F. Plesha, R. J. Witt, R. J. | 4th edition | New York: John Wiley and Sons, 2002.
2. Vorlesungen über technische Mechanik / A. Foppl | Leipzig: B. G. Teubner, 1907.
3. Approximate Solution Techniques, Numerical Modeling and Finite Element Methods / V. N. Kaliakin | New York: Marcel Dekker, Inc., 2001.
4. APES+ (Analysis Program for Earth Structures) Computer Program Documentation, User Manual / V. N. Kaliakin // University of Delaware, Department of Civil Engineering, Newark, DE, 2022 – Mode of access: http://nwp.engr.udel.edu/cieg/faculty/kaliakin/apes_doc.pdf
5. Festigkeitsproblem im Maschinenbau / T. von Karman // Encyk. der mathematik Wiss. 1910 – Vol. IV. – P. 348–351.
6. Über das Gleichgewicht und die Bewegung einer elastischen Scheibe / G. Kirchhoff // Journal für die reine und angewandte Mathematik. 1850 – Vol. 40 – P. 51–88.
7. Theory of Elasticity of an Anisotropic Body / S. G. Lekhnitskii | Moscow: Mir Publishers, 1981.
8. Influence of rotary inertia and shear on flexural motions of isotropic elastic plates / R. D. Mindlin // Journal of Applied Mechanics. 1951. Vol. 18. No. 1. – P. 31–38.
9. Analysis of Cylindrical Composite Shells / E. C. Preissner // PhD Dissertation. Department of Mechanical Engineering, University of Delaware, 2002.
10. The effect of transverse shear deformation on the bending of elastic plates / E. Reissner // Journal of Applied Mechanics. 1945. Vol. 12. No. 2-P. 69–77.
11. Theory of Elasticity / S. P. Timoshenko, J. N. Goodier | 3rd edition | New York: McGraw-Hill, 1970.
12. Theory of Plates and Shells / S. P. Timoshenko, S. Woinowsky-Krieger | 2nd edition | New York: McGraw-Hill Book Co., 1959.
13. The Finite Element Method / O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor | 5th Edition | Volume 2: Solid Mechanics | Oxford: Butterworth Heinemann, 2000.

В.Н. Калякин

Делавэр университеті, Ньюарк, Делавэр, АҚШ

Анизотропты дөңгелек пластиналарды шекті элементтермен зерттеу

Аңдатпа. Бұл мақалада осьтік симметрия жағдайында шекті элементтерін қолдану арқылы талданған тұтас дөңгелек пластиналарды математикалық модельдеу және шекті элементтермен талдау зерттеледі. Изотропты және анизотропты материалды сипаттау қарастырылады. Сәйкес «базалық» модель әзірленгеннен кейін, анизотропты қатты дөңгелек пластиналардың тәртібін түсіну үшін параметрлік талдаулар орындалады.

Түйін сөздер: дөңгелек пластиналар, анизотропия, көлденең изотропия, осьтік симметрия, шекті элементтер әдісі.

В.Н. Калякин

Исследование методом конечных элементов анизотропных круглых пластин

Аннотация. В статье исследуется математическое моделирование и анализ методом конечных элементов сплошных круглых пластин, анализируемых с использованием сплошных конечных элементов в условиях осевой симметрии. Рассматриваются как изотропные, так и анизотропные характеристики материала. После разработки подходящей «базовой» модели выполняется параметрический анализ, чтобы получить представление о поведении анизотропных сплошных круглых пластин.

Ключевые слова: круглые пластины, анизотропия, поперечная изотропия, осесимметрия, метод конечных элементов.

References

1. Concepts and Applications of Finite Element Analysis / R. D. Cook, D. S. Malkus, M. F. Plesha, R. J. Witt, R. J. | 4th edition | New York: John Wiley and Sons, 2002.
2. Vorlesungen uber technische Mechanik / A. Foppl | Leipzig: B. G. Teubner, 1907.
3. Approximate Solution Techniques, Numerical Modeling and Finite Element Methods / V. N. Kaliakin | New York: Marcel Dekker, Inc., 2001.
4. APES+ (Analysis Program for Earth Structures) Computer Program Documentation, User Manual / V. N. Kaliakin // University of Delaware, Department of Civil Engineering, Newark, DE, 2022 – Mode of access: http://nwp.engr.udel.edu/cieg/faculty/kaliakin/apes_doc.pdf
5. Festigkeitsproblem im Maschinenbau / T. von Karman // Encyk. der mathematik Wiss. 1910 – Vol. IV. – P. 348–351.
6. Uber das Gleichgewicht und die Bewegung einer elastischen scheinbe / G. Kirchhoff // Journal fur die reine und angewandte mathematic. 1850 – Vol. 40 – P. 51–88.
7. Theory of Elasticity of an Anisotropic Body / S. G. Lekhnitskii | Moscow: Mir Publishers, 1981.
8. Influence of rotary inertia and shear on flexural motions of isotropic elastic plates / R. D. Mindlin // Journal of Applied Mechanics. 1951. Vol. 18. No. 1. – P. 31–38.
9. Analysis of Cylindrical Composite Shells / E. C. Preissner // PhD Dissertation. Department of Mechanical Engineering, University of Delaware, 2002.
10. The effect of transverse shear deformation on the bending of elastic plates / E. Reissner // Journal of Applied Mechanics. 1945. Vol. 12. No. 2 – P. 69–77.
11. Theory of Elasticity / S. P. Timoshenko, J. N. Goodier | 3rd edition | New York: McGraw-Hill, 1970.
12. Theory of Plates and Shells / S. P. Timoshenko, S. Woinowsky-Krieger | 2nd edition | New York: McGraw-Hill Book Co., 1959.
13. The Finite Element Method / O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor | 5th Edition | Volume 2: Solid Mechanics | Oxford: Butterworth Heinemann, 2000.

Information about author:

В.Н. Калякин – PhD, профессор, кафедра гражданской и экологической инженерии, Делавэрский университет, Ньюарк, Делавэр, США.

В.Н. Калякин – PhD, профессор, азаматтық және инженерлік экология кафедрасы, Делавэр университеті, Ньюарк, Делавэр, АҚШ.

V. Kaliakin – PhD, Professor, Department of Civil & Environmental Engineering, University of Delaware, Newark, Delaware, U.S.A.

Experimental determination on cleaning the exhaust gas of an automobile muffler by an electric pulse

Abstract. Nowadays, creating an environmentally reliable car by reducing the volume of harmful gases in it is a global problem of mankind. For this reason, one of the main areas of research is to improve the exhaust gas cleaning system of internal combustion engines. However, to date, there are no universal designs that would improve the performance of the purification system. In this regard, the development of new vehicle exhaust system designs based on an effective cleaning method is an urgent task. The article highlights the results of scientific and experimental research of the authors on the development of new designs of automobile exhaust muffler working on the basis of the method of electro-pulsed cleaning, designed to reduce the concentration of harmful exhaust gases. The developed experimental installation of the electric-pulse muffler performs gas purification by feeding an electric shock discharge to the electrodes installed in the muffler. The experimental data obtained show changes in the gas transparency depending on changes in the distance between the electrodes. Regression-correlation analysis established empirical dependences of gas transparency values on changes in the distance between the electrodes.

Keywords: car, electric pulse muffler, gas ionization, exhaust system, gas transparency.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-23-31

1. Introduction

Today, there is a steadily increasing fleet of vehicles worldwide. The increase in the number of motor vehicles leads to intensive air pollution by exhaust gases. High levels of air pollution have been recorded in megacities and large cities, since most of the passenger cars are concentrated precisely on urban roads and the density of their traffic can increase on average by 200-300 times.

According to statistics for the last two years, just one car on the city's busy roads emits about 800 kg of carbon monoxide (CO), 40 kg of nitrogen dioxide (NO₂) and 200 kg of hydrocarbon (CH) into the air annually. These emissions increase the overall concentration of harmful gas particles, which is the main reason for the lack of clean air in the city, particularly in the narrow streets and adjacent areas to the city's residential buildings. As a consequence of such intensive air pollution, the ecosystem of the city is destroyed and the overall quality of life of city dwellers is reduced [1].

The problem of emission of harmful components of car exhaust gases into the atmosphere requires scientifically substantiated engineering solutions, which involve the development of various designs, working on an effective method of purification in the exhaust system of internal combustion engines. According to the scientific papers in this direction, published in the last few years, many studies have been conducted on the development of auxiliary devices and equipment to the exhaust system. The disadvantages of such developments are the structural complexity of their structural design and low efficiency of exhaust gas purification. In this regard, a different direction in research has been chosen, which is the development of new muffler designs, through the application of an effective method of exhaust gas purification in them.

The aim of the study is to experimentally determine the dependence between the interelectrode distance and the transparency of the exhaust gas after exposure to an electric pulse.

The research hypothesis is the assumption that gas transparency increases with increasing

distance between the electrodes.

The scientific significance is determined by the obtained regression relationship between the transparency and the distance between the electrodes.

2. Methodology

Development of new muffler designs requires a preliminary analysis of existing methods of exhaust gas purification. In the course of such analysis the following purification methods were considered, such as gravitational sedimentation, inertial sedimentation, centrifugal and filtration methods, electric pulse, catalytic, absorption and ultrasonic methods [2]. The general characteristic, namely the advantageous differences and disadvantages of each method are presented in Table 1.

Table 1. Literature analysis of existing methods of gas purification

№	Cleaning methods	General characteristic
1	Gravity deposition	Gravity precipitation is effective only for large particles with diameters greater than 50-100 microns, and the degree of purification is no higher than 40-50%. The method is suitable only for preliminary, coarse gas purification.
2	Inertial deposition	The degree of purification depending on the particle size is 20-70%. The inertial method can only be used for coarse gas purification.
3	Centrifugal methods	The degree of purification for particles with $d = 30 \mu\text{m}$ is up to 80%, and at $d = 5 \mu\text{m}$ it is less than 40%. Cyclones are widely used for coarse and medium gas purification
4	Filtering	Filtration is characterized by high hydraulic resistance and rapid clogging of the filter media with dust
5	Absorption	Absorption methods are characterized by the formation of liquid effluents and cumbersome hardware design. Also this method provides a sufficiently high degree of extraction of harmful impurities only with a large number of purification stages.
6	Catalytic methods	The disadvantage of catalytic purification is the formation of new substances that must be removed from the gas by other methods (absorption, adsorption), which complicates the installation and reduces the overall economic effect.
7	Ultrasonic cleaning	Ultrasonic cleaning makes it possible to precipitate small gas particles which are difficult to trap with conventional apparatuses, also this method is applicable to aggressive gases; it can work at high temperatures and pressures, as well as in compact apparatuses.

According to the results of the analysis, it was found that most of the considered methods are designed for purification of large gas particles and can not fully clean the gases from harmful, small particles. Also many methods can be applied only on large installations, respectively, they can not be applied in a small exhaust system of the car. Only ultrasonic and electric pulse purification methods can affect the smaller particle sizes and allow increasing the efficiency of particle purification by increasing the intensity of coagulation and ionization of particles with their subsequent deposition. However, compared to the coagulation process, the ionization process is much faster, due to the occurrence of a shock discharge between the electrodes, which leads to intensive gas purification from harmful particles. Thanks to the electric pulse method it is possible to achieve rapid and high rates of gas purification, which averages 95%. Consequently, in order to reduce the concentration of toxic and polluting gas substances, the development of new muffler designs based on the electric pulse purification is proposed [3].

In order to develop new designs of mufflers based on electric pulse cleaning, the scientific group of the Department of "Transport Engineering and Logistic Systems" of Karaganda Technical University has developed an experimental installation of electric pulse muffler. Muffler body is made of asbestos, as this material has low electrical conductivity. The installation itself consists of the body 1 of the inlet 2 and outlet 3 holes for passage of exhaust gases; high voltage generator 4; two electrodes 5 mounted inside the body; batten-rail 6 to change the distance between the electrodes. Two electrodes are mounted inside the housing on a special bar rail, to which high voltage electric current is supplied from generator 4 by high-voltage wires (Figure 1).



1 - cylindrical body; 2 and 3 - inlet and outlet holes; 4 - high voltage generator; 5 - two electrodes mounted inside the body; 6 - batten-rail

Figure 1. Experimental installation of electric pulse muffler

Efficiency of operation of the above described unit required experimental confirmation, which was proved by determining values of gas transparency passing through the electropulse muffler. In this regard, experimental studies were carried out in the electropulse unit, the purpose of which was to determine the change in gas transparency from the distance of electrodes in the muffler, installed opposite to each other.

A one-factor experimental plan was made in advance, according to which (n) experiments will be performed at discrete points in time of the input parameter (x) (distance between the electrodes, l) and the corresponding values of the output parameter (y) (gas transparency, p).

The input parameter x is an adjustable parameter, which is set directly by the experimenter, and the output parameter y is the result of n number of experiments. In the experiment the distance between the electrodes will be varied in three different values, according to which the values of gas transparency without influence and with influence of an electric impulse will be determined. As a result 6 experiments will be carried out in the experiment, the number of which is determined by the product of three values of the distance between the electrodes to the number of two exposures to the gas with and without the electric pulse. Thus, it will be possible to make a plan of the experiment, which is presented in the form of a matrix in Table 2.

Table 2. Plan for a single-factor experiment

l	p_1	p_2	y

l_1	$l_1 p_1$	$l_1 p_2$	y^2
l_2	$l_2 p_1$	$l_2 p_2$	y^3
l_3	$l_3 p_1$	$l_3 p_3$	y^4

3. Results and discussion

Experimental studies were carried out as follows. Gas was pumped into the vessel without the pulse and its transparency was measured, then this experiment was repeated when the pulse was applied and the distance between the electrodes was 0.015, 0.02 and 0.025 m. Electrodes that received a shock discharge through a high-voltage generator triggered the process of gas ionization in the electropulse unit. During ionization, the gas was purified from heavy harmful particles, which were subsequently deposited on the inner surface of the muffler. The purified gas was released into the atmosphere through the outlet holes. The degree of gas purification was determined by the gas transparency parameter, which depends on the concentration of harmful particles in the gas. The change in transparency indicates a change in the concentration of harmful particles in the exhaust gas, caused by the deposition of particles on the bottom of the muffler as well. It is possible to record changes in transparency using any device that reacts to changes in illumination, such as a luxmeter. For the experiment, we used a smartphone equipped with an illuminance sensor and Lux Meter v18.12.09 software installed, which allows us to record the value of illuminance (lx) and its changes. A similar experiment was carried out several times with a step-by-step increase in the distance between the electrodes. The results of the experiments are presented in Table 3 and Figure 2.

Table 3. Experimental results

No of experience	Distance between electrodes, m	Frequency of the electrical pulse, Hz	Electrode squareness, %	Gas transparency without electric pulse effect, lx	Gas transparency after exposure to an electric pulse, lx
1	0,015	12,2	33	62	70
2	0,02	12,2	33	75	129
3	0,025	12,2	33	80	247

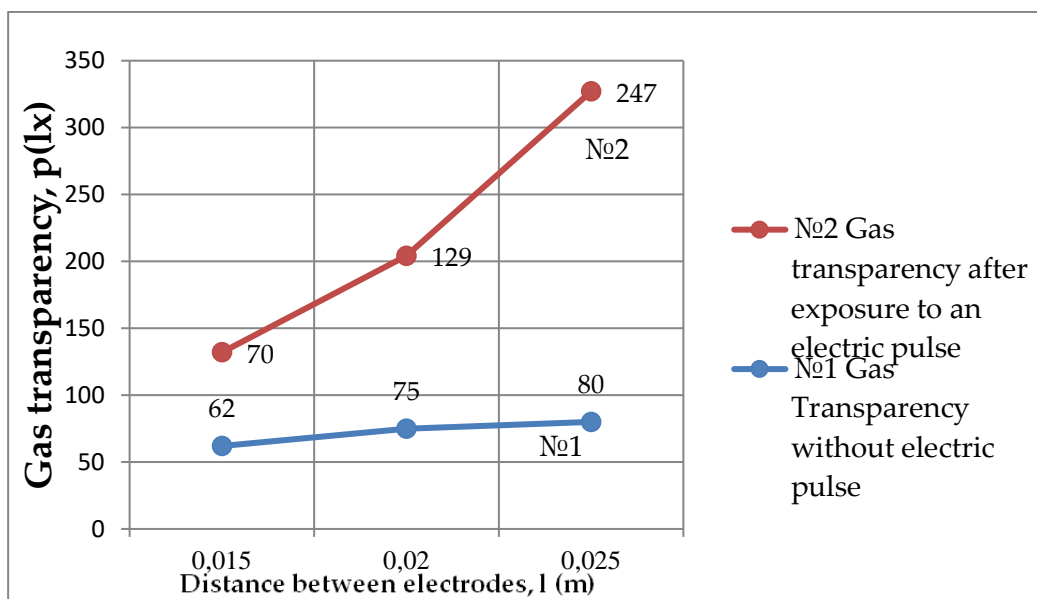


Figure 2. The graph of gas transparency dependence on the distance between the electrodes

Following the results of the experiment regression-correlation analysis of the obtained values of gas transparency y depending on the change of distance between the electrodes x was carried out [4]. The results of the regression-correlation analysis are presented in Table 4.

Table 4. Results of approximation of the gas transparency function p from changes in the distance between the electrodes l

№	Type of regression	Regression equation	Correlation coefficient	Determination coefficient	The average error of approximation, %
1	Linear	$y = 17700x - 205.33$	0,98	0,96	11,09
2	Quadratic	$y = 1180000x^2 - 29500x + 247$	1	1	0
3	Stepwise	$y = 2019083.53 \cdot x^{2,45}$	0,99	0,99	4,4
4	Indicative	$y = 10,49 \cdot 5.752959604310741e + 54^x$	0,99	0,99	0,85
5	Logarithmic	$y = 1485,38 + 339,83 \ln x$	0,97	0,93	14,63
6	Hyperbolic	$y = 478,79 - \frac{6,32}{x}$	0,94	0,89	17,58
7	Exponential	$y = e^{2,35++126,09x}$	0,99	0,99	0,85

From the analysis of Table 2 for the highest values of the correlation coefficients, determination and the lowest values of the average error of approximation for the gas transparency p from the change in the distance between the electrodes l , it is proposed to use the quadratic regression equation, equation (1):

$$p = 1180000x^2 - 29500x + 247 \quad (1)$$

Experimental and empirical values of gas transparency p from changes in the distance between the electrodes l are shown in Table 5

Table 5. Experimental and empirical values of gas transparency p from changes in the distance between the electrodes l

Distance between electrodes, m	Experimental values	Empirical values
0,015	70	69,99
0,02	129	128,99
0,025	247	246,99

Plots of dependences of experimental and empirical values of gas transparency p on changes in the distance between the electrodes l are shown in Figure 3

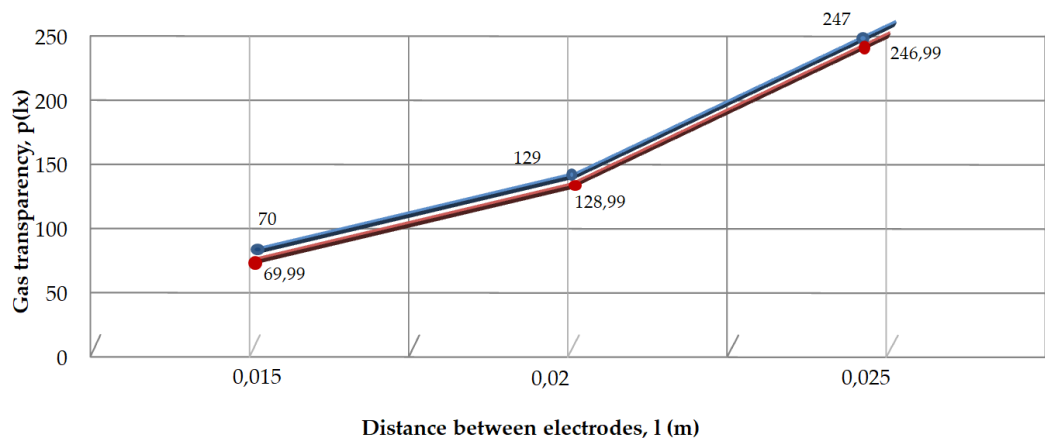


Figure 3. Plots of dependences of experimental and empirical values

The quadratic dependence is the most adequate. The high determinacy of the obtained regression equation allows us to apply mathematical analysis to it.

The rate of determination as a function of the value from (1) is, equation (2):

$$\frac{dP}{dl} = \alpha - \beta\alpha \quad (2)$$

The total increase in transparency ΣP is calculated by a certain integral, where $\alpha = 7058$; $\beta = 295$, equation (3).

$$\Sigma P = \int_{0,015}^{0,025} (\alpha l^2 - \beta l + 247) \quad (3)$$

$$\Sigma P = 7058 \frac{(0,025 - 0,015)^3}{3} - \beta \frac{(0,025 - 0,015)^2}{2} + 247 \cdot (0,025 - 0,015) = 2,45755$$

Thus, the total increase in transparency is 2,45755 lx.

4. Conclusions

In order to reduce the overall concentration of harmful exhaust gas emissions of a car, it is necessary to apply the method of electro-pulsed exhaust gas purification. The results obtained allow us to determine the optimal distance of the electrodes inside the electro-pulsed muffler, depending on the indicators of gas transparency. From the results of studies, it follows that when the distance between the electrodes increases, there is a sharp increase in the value of the shock discharge, which contributes to a more rapid passage of the ionization process between the gas particles and achieve a high degree of gas purification from harmful particles.

References

1. Durmaz, M., Kalender, S.S., Ergin, S. Experimental study on the effects of ultra-low sulfur diesel fuel to the exhaust emissions of a ferry // *Fresenius Environmental Bulletin* – 2017. - Vol. 26(10). – P. 5833–5840.
2. Kadyrov A., Kryuchkov E, Sinelnikov K, Ganyukov A., Sakhapov R., Kukeshova A. Studying the process of the internal combustion engine exhaust gas purification by an electric pulse // *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*. – 2022. - Vol. 24(4). – P. 275-287.
3. Кормина, Л. А. Технологии очистки газовых выбросов: учебное пособие – Барнаул, Изд-во

АлтГТУ. – 2019. – 263 с.

4. Гельман Э., Вехтари А., Хилл Д. Регрессия. Теория и практика. С примерами на R и Stan: -ДМК-Пресс. – 2022. – 271с.

Е.Ю. Крючков, А.С. Кадыров, А.Б. Кукешева, Б.К. Курмашева, К.А. Синельников

Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

Автокөлік бәсеңдеткішінің пайдаланылған газдарын электр импульспен тазартудың эксперименттік жолмен анықтау

Аңдатпа. Қазіргі уақытта пайдаланылған газдардың зиянды шығарындыларының көлемін азайту арқылы экологиялық сенімді автокөлік құралын құру адамзаттың жаһандық мәселесі болып табылады. Осы себеппен жүргізіліп жатқан ғылыми зерттеулердің негізгі бағыттарының бірі іштен жану қозғалтқыштарының пайдаланылған газдарын тазарту жүйесін жетілдіру болып табылады. Дегенмен, бүгінгі күнге дейін іштен жану қозғалтқыштарының пайдаланылған газдарын тазарту жүйесінің жұмысын жақсартатын әмбебап құрылымдар мен тиімді әдістер жоқ. Осыған байланысты тиімді тазалау әдісі негізінде автокөліктің газ шығару жүйесінің жаңа құрылымдарын әзірлеу өзекті міндет болып табылады. Мақалада авторлардың автокөліктің зиянды шығарындыларының концентрациясын төмендетуге арналған электр-импульсті тазарту әдісі негізінде жұмыс істейтін автокөлік бәсеңдеткішінің жаңа құрылымдарын жасау бойынша ғылыми және эксперименттік зерттеулерінің нәтижелері келтірілген. Бәсеңдеткіштің ішіне орнатылған электродтарға соққы электр разрядын беру арқылы газ бөлшектерінің иондану процесін жеделдететін автокөліктердің пайдаланылған газдарын тазарту принципін жүзеге асыратын электр импульсті бәсеңдеткіштің эксперименттік қондырғысы сипатталған. Электродтар арасындағы қашықтықтың өзгеруіне байланысты газ мөлдірлігі көрсеткіштерінің өзгеруі бойынша эксперименттік деректер алынды. Соның нәтижесінде жүргізілген регрессиялық-корреляциялық талдау негізінде газдың мөлдірлігі мәндерінің электродтар арасындағы қашықтықтың өзгеруіне эмпирикалық тәуелділіктері анықталды.

Түйін сөздер: автокөлік, пайдаланылған газды шығару жүйесі, электроимпульсты бәсеңдеткіш, газдың иондануы, газдың мөлдірлігі.

Е.Ю. Крючков, А.С. Кадыров, А.Б. Кукешева, Б.К. Курмашева, К.А. Синельников

Қарағанды техникалық университетінің Абылқаса Сағынов атындағы факультеті, Қарағанды, Қазақстан

Экспериментальное определение степени очистки выхлопного газа автомобильного глушителя электроимпульсом

Аннотация. В настоящее время создание экологически надежного автотранспортного средства посредством уменьшения в нем объема вредных выбросов выхлопных газов является глобальным вопросом человечества. По этой причине одним из главных направлений, по которому ведутся научные исследования, является совершенствование системы очистки отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Однако на сегодняшний день нет универсальных конструкций и эффективных методов, которые позволили бы улучшить работу системы очистки выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания. В связи с этим разработка новых конструкций системы выпуска газов автомобиля на основе эффективного метода очистки является актуальной задачей. В статье представлены результаты научных и экспериментальных исследований авторов по разработке новых конструкций автомобильного глушителя, работающих на основе метода электроимпульсной очистки, предназначенных для снижения концентрации вредных выбросов отработавших газов автомобиля. Описана экспериментальная

установка электроимпульсного глушителя, реализующая принцип очистки выхлопных газов автомобилей за счет ускорения процесса ионизации частиц газа посредством подачи ударного электрического разряда на электроды, смонтированные внутри глушителя. Получены экспериментальные данные по изменению показателей прозрачности газа в зависимости от изменения расстояний между электродами. Таким образом, были установлены эмпирические зависимости значений прозрачности газа от изменения расстояний между электродами на основе проведенного регрессионно-корреляционного анализа.

Ключевые слова: автомобиль, электроимпульсный глушитель, ионизация газа, система выпуска отработавших газов, прозрачность газа.

References

1. Durmaz, M., Kalender, S.S., Ergin, S. Experimental study on the effects of ultra-low sulfur diesel fuel to the exhaust emissions of a ferry, *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(10), 5833–584(2017).
2. Kadyrov A., Kryuchkov E, Sinelnikov K, Ganyukov A., Sakhapov R., Kukeshova A. Studying the process of the internal combustion engine exhaust gas purification by an electric pulse, *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 24 (4), 275–287(2022).
3. Kormina, L.A. *Tekhnologii ochistki gazovy`kh vy`brosov: uchebnoe posobie* [Technologies for cleaning gas emissions] (Barnaul, Izd-vo AltGTU, 2019, 263 p) [in Russian].
4. Gel`man E., Vekhtari A., Khill D. *Regressiya. Teoriya i praktika. S primerami na R i Stan* [Regression. Theory and practice. With examples on R and Stan] (DMK-Press, 2022, 271 p) [in Russian].

Information about authors:

Ye. Kryuchkov – PhD student of the 3rd year, Department of "Transport equipment and Logistic Systems", Transport and Road Faculty, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, 56 Nursultan Nazarbayev ave., Karaganda, Kazakhstan.

A. Kadyrov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of "Transport equipment and Logistic Systems", Transport and Road Faculty, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, 56 Nursultan Nazarbayev ave., Karaganda, Kazakhstan.

A. Kukeshova - PhD student of the 2nd year, Department of "Transport equipment and Logistic Systems", Transport and Road Faculty, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, 56 Nursultan Nazarbayev ave., Karaganda, Kazakhstan.

B. Kurmasheva - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of "Transport equipment and Logistic Systems", Transport and Road Faculty, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, 56 Nursultan Nazarbayev ave., Karaganda, Kazakhstan.

K. Sinelnikov - PhD student of the 3rd year, Department of "Transport equipment and Logistic Systems", Transport and Road Faculty, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, 56 Nursultan Nazarbayev ave., Karaganda, Kazakhstan.

Е.Ю. Крючков – 3 курс докторанты, «Көлік техникасы және логистикалық жүйелер» кафедрасы, жол-көлік факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Нұрсұлтан Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

А.С. Кадиров – т.ғ.д., профессор, «Көлік техникасы және логистикалық жүйелер» кафедрасы, жол-көлік факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Нұрсұлтан Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

А.Б. Кукешева – 2 курс докторанты, «Көлік техникасы және логистикалық жүйелер» кафедрасы, жол-көлік факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Нұрсұлтан Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

Б.К. Курмашева – т.ғ.к., доцент, «Көлік техникасы және логистикалық жүйелер» кафедрасы, жол-көлік факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Нұрсұлтан Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

университеті, Нұрсұлтан Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

К.А. Синельников – 3 курс докторанты, «Көлік техникасы және логистикалық жүйелер» кафедрасы, жол-көлік факультеті, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Нұрсұлтан Назарбаев даң., 56, Қарағанды, Қазақстан.

Е.Ю. Крючков – докторант 3 курса, кафедра «Транспортная техника и логистические системы», транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, пр. Нурсултана Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

А.С. Кадыров – д.т.н, профессор, кафедра «Транспортная техника и логистические системы», транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, пр. Нурсултана Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

А.Б. Кукешева - докторант 2 курса, кафедра «Транспортная техника и логистические системы», транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, пр. Нурсултана Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

Б.К. Курмашева – к.т.н., доцент, кафедра «Транспортная техника и логистические системы», транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, пр. Нурсултана Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

К.А. Синельников – докторант 3 кафедра «Транспортная техника и логистические системы», транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, пр. Нурсултана Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан.

The Experimental Investigation of a New Design of Stirred Media Mill

Abstract. With the rapid development of nanotechnology, the need to improve the efficiency of material grinding processes has increased. One of the criteria for the effectiveness of the process is the product fineness. There are various types of mills for grinding materials, one of which is stirred media mills. The article presents the results of experimental studies of a new design of stirred media mill on the example of sand particles size reduction. The principle of operation of the new mill is based on the organization of complex radial and axial impact on the particles of the material by grinding balls. To ensure this principle, a typical stirred media mill design includes an ellipsoidal rotor and a vibratory drive with springs. The results of the study demonstrated that the maximal product fineness of the mill with an initial sand particle size of 100 μm accounted for 2.32 μm , which is 2.6 times higher than the product fineness obtained in typical stirred media mill designs.

Keywords: mill, experiment, product fineness, particle, comminution, grinding ball.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2022-142-1-32-43

1. Introduction

Nowadays, comminution processes are widespread in many areas of production (construction, mining, food, chemical, etc.). The main problems existing in the comminution process are related to the need to increase the efficiency and productivity of the particle size reduction.

Among the various types of technological equipments for particle size reduction, stirred media mill is one of the most common machines. The typical design of the stirred media mill is depicted in the Fig. 1.

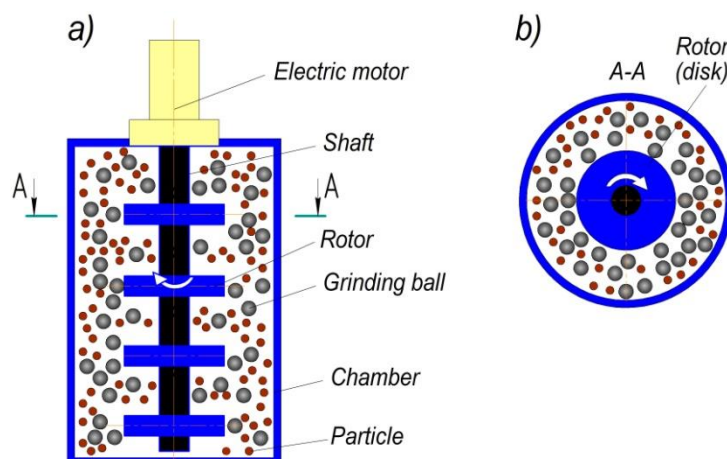


Figure 1. Typical desing of stirred media mill

According to the Fig. 1, the main elements of a stirred media mill are a chamber, a rotor, grinding balls, an electric motor. The principle of operation of the stirred media mill based on stirring the grinding balls and particles by the rotor.

To assess the factors determining the efficiency of the stirred media mill, many experimental studies have been conducted by other authors.

For instance, the authors of work [1] conducted an experimental study of the distribution of collision energy in a vertical stirred media mill. The results of investigation showed that a certain zone of high collision energy of the grinding balls is created during the spin of the rotor. With increasing the rotation speed of the rotor, the number of grinding balls in the zone of high collision energy has been decreased. As a result, while the value of collision energy increases, the stress number parameter decreases.

Authors of a research [2] found that the use of a disk-shaped (constant profile) rotor allows to achieve the highest product fineness and high energy efficiency of the process. However, the variable profile of the rotors (vane, pin-shaped) contributes to a more intensive circulation of the load, which is likely to lead to more collisions of the grinding balls.

The authors of a work [3] found that the frequency of collision of grinding balls and their destruction energy are inversely proportional [4, 5]. At a low value of chamber filling ratio, the probability of collision of the grinding balls is low. As a result, the probability of collision on the material is reduced. However, the balls moves greater distance to acquire acceleration, which leads to an increase in collision energy.

The authors of work [6-10] studied the effect of the shape of grinding balls on the efficiency of particle size reduction. As a sample of studies, spherical, square, and intermediate forms of grinding ball were selected.

To increase the efficiency of the grinding process by increasing the product fineness, the authors proposed a new design of the stirred media mill, which is a vertical cylindrical chamber filled with grinding balls.

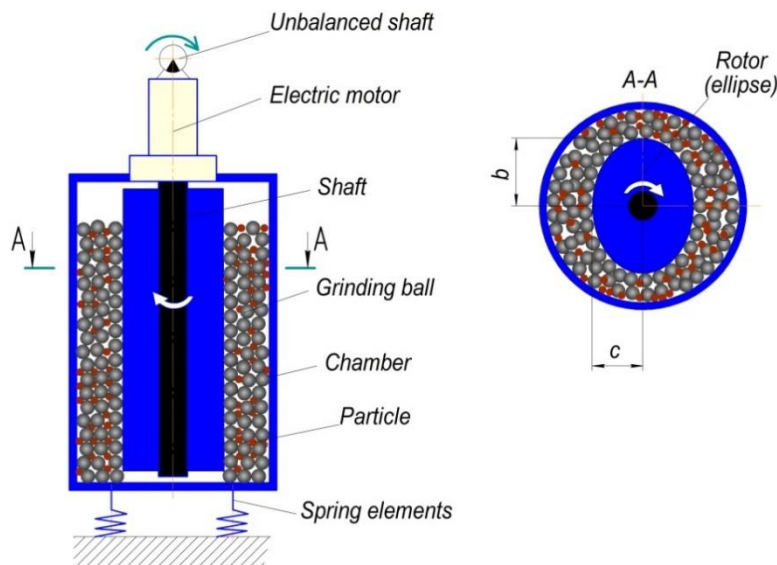


Figure 2. New design of the stirred media mill

To improve the efficiency of the grinding process, the following design innovations have been proposed in the traditional design of the mill:

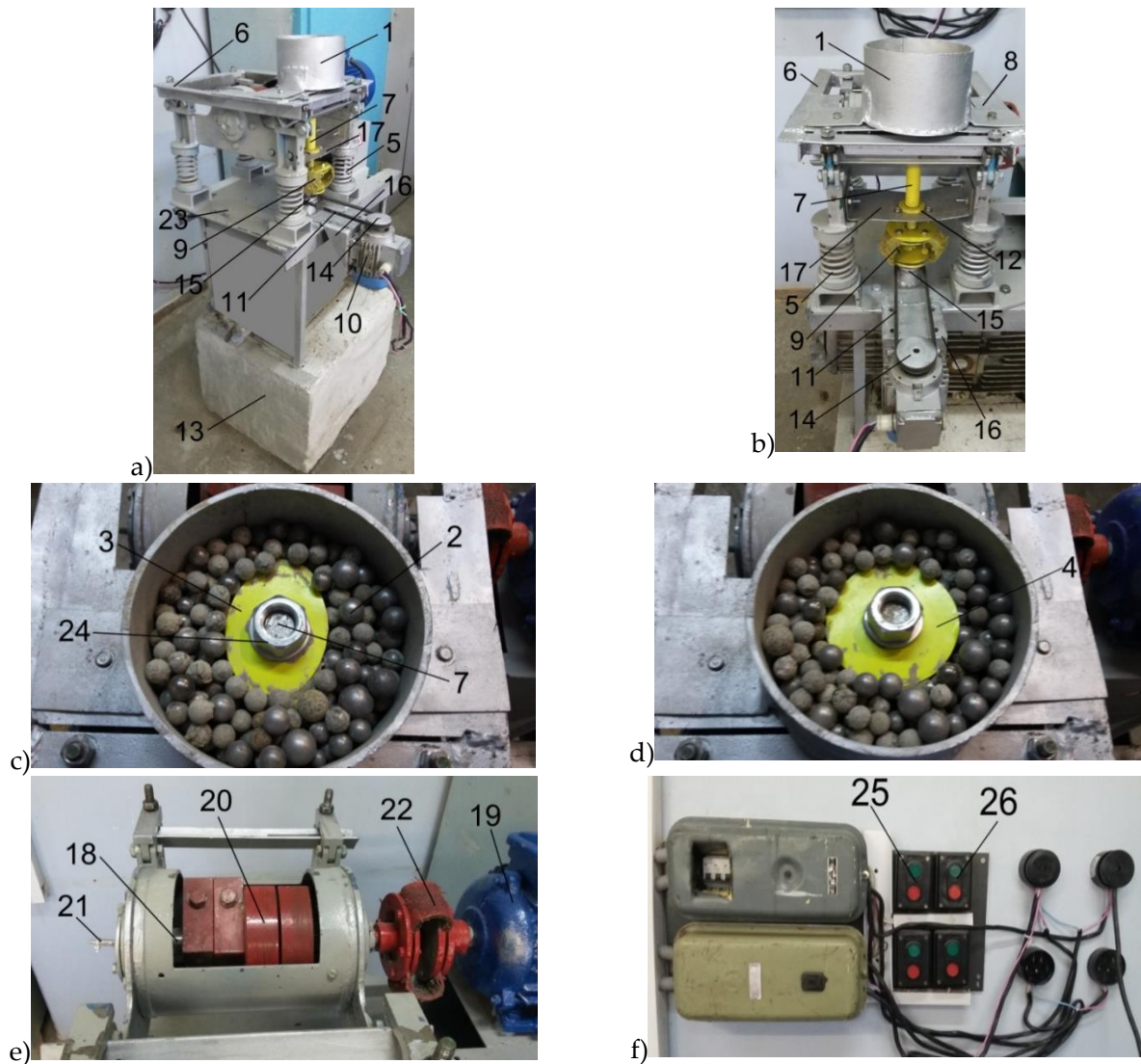
- 1) the height of the rotor is approximately equal to the height of the mill chamber;
- 2) the shape of the rotor is ellipsoidal;
- 3) the mill includes a vibration drive system, consisting of an unbalanced shaft with an electric motor and elastic support elements similar to vibration vertical mills.

The purpose of this article is an experimental study the new design of stirred media mill.

2. Materials and method

2.1 Description of the experimental apparatus

In Fig. 3 the proposed design of a new stirred media mill has been presented. The mill consists of chamber 1, grinding balls 2, an ellipsoidal rotor 3, a disk rotor 4, a spring 5, a frame 6, a shaft 7, a spring 8, an elastic coupling to smooth out loads on the rotor shaft 9, the rotor motor 10, the drive belt 11, the bearing 12, the base 13, the driving pulley 14, the driven pulley 15, the bracket for mounting the rotor motor 16, support 17, an unbalanced shaft 18, an unbalanced shaft electric motor 19, an unbalance 20, an amplitude measuring device 21, an elastic coupling to smooth out loads on the unbalanced shaft electric motor 22, a support 23, nuts for fixing the rotor 24, switches 25 and 26.



a) Front view. b) Side view; c) Ellipsoidal rotor; d) Disc rotor; e) Vibration drive; f) Toggle switch

Figure 3. Experimental apparatus of the mill

The chamber is a vertical cylinder with a diameter of 120 mm and a height of 100 mm, fixed to a metal frame. Taking into account the high-speed mode of movement of the grinding balls, the thickness of the chamber wall with a size of 4.5 mm was chosen constructively.

The transmission of torque from the electric motor to the rotor shaft is conducted by a belt drive. The driving pulley is fixed on the motor shaft, and the driven pulley is fixed on the bearing support. The

connection of the shaft with the driven pulley is provided through an elastic coupling. The elastic coupling is designed to smooth out the dynamic loads of the vibration drive.

The immobility of the shaft in the transverse direction is provided by three angular contact bearings. The vibratory drive of the mill is an unbalanced shaft connected through an elastic coupling with an electric motor. To damp vibration moving, the design of the vibration drive will be placed on four springs.

The ellipsoidal rotor (with a major semi-axis of 40 mm and a minor semi-axis of 30 mm) is the three-layer ellipse of dense rubber. The ellipsoidal rotor is rigidly fixed with an interference fit to the threaded part of the shaft. The choice of material for the ellipsoidal rotor is explained by the low rubber mass, which will prevent additional loads on the electric motor.

The experimental apparatus of the new mill consists of two separate drives. The first of drives ensures the rotation of the ellipsoidal rotor. The second of drives provides the vertical vibration mode of the chamber movement. The source of motion of the ellipsoidal rotor is an electric motor transmitting torque to the rotor shaft through a belt drive.

To assess effectiveness of the new design of mill, the variant with using of disk rotor has been considered and investigated.

2.2 Input and output parameters

Taking into account the fact that the main parameter of the efficiency of mill is the product fineness d_p , the parameter has been chosen as the output parameter. Based on this, we have opted the input parameters (factors) of experimental studies.

Taking into account the quadratic functional dependence of the destruction (kinetic) energy on the speed of the grinding balls, we choose the rotational speed of the ellipsoidal rotor n_R as an input parameter affecting on the radial destructive effect of the mill.

Based on the existing studies of vibration machines [11], it should be stated that the main adjustable parameters in the axial direction are the amplitude A and frequency of vibrations n_A .

Thus, three main input parameters have been selected that can form the basis of a three-factor experimental study (Fig. 4).



Figure 4. Input and output parameters of experimental studies

The selected factors have been varied within the following ranges: $1000 < n_R \leq 2000$ rpm, $2,5 < A \leq 3,5$ mm, $1000 < n_A < 3000$ rpm.

The range for determining the factors was chosen based on the analysis of existing designs of the mills.

2.3 Milled material

Sand was chosen as the material for the experiment. Prior to the experiment, the ground material was previously sorted by size through a vibrating sieve to obtain the initial value of the particle size $100 \mu\text{m}$ (Fig. 5).



Figure 5. Sieve for preparing the initial particle size of the material

Sand has high strength physical and mechanical properties. The choice of a material with high strength characteristics will make it possible to adequately assess the effectiveness of the developed design of the mill.

2.4 Planning of experiment

To assess the effectiveness of the new design of mill, let us plan a first-order experiment. In accordance with [12, 13], we determine the total number of runs of a multifactorial experiment using the following formula:

$$N_{\text{exp}} = n_{\text{deg}}^{n_{\text{F}}} \quad (1)$$

In Eq. (1) n_{deg} is the number of factor levels; n_{F} - number of factors.

From expression (1) it follows that with the number of levels $n_{\text{deg}} = 2$ and factors $n_{\text{F}} = 3$, the number of experiments will be $N_{\text{exp}} = 2^3 = 8$.

Taking into account the interaction of factors, we will compose a planning matrix for this experiment (Table 1) with the following designations: $x_1 = n_R$, $x_2 = A$, $x_3 = n_A$.

Table 1. Experiment design matrix

Experience number	Planning matrix							Working matrix		
	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	n_R , rpm	A , mm	n_A , rpm
1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	2000	3,5	1000
2	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	1000	3,5	1000
3	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	2000	2,5	1000
4	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	1000	2,5	1000
5	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	2000	3,5	3000
6	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	1000	3,5	3000

7	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	2000	2,5	3000
8	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	1000	2,5	3000

The matrix of the experiment, shown in Table 1, covers various level combinations of factor values and will allow determining the degree of influence of input parameters on the product fineness.

2.5 Experiment procedure

Before the experiment beginning, the sand has been put in the chamber (Fig. 6).



Figure 6. Filling the chamber with ground material

Then, using the switch, the drives of the experimental apparatus have been activated. As a result of the collisions of the grinding balls, the process of grinding sand in the mill chamber began. Further, turning off the rotor drive with an interval of one minute, the values of the product fineness were recorded, measured using an electronic device PSH-10 (Fig. 7).

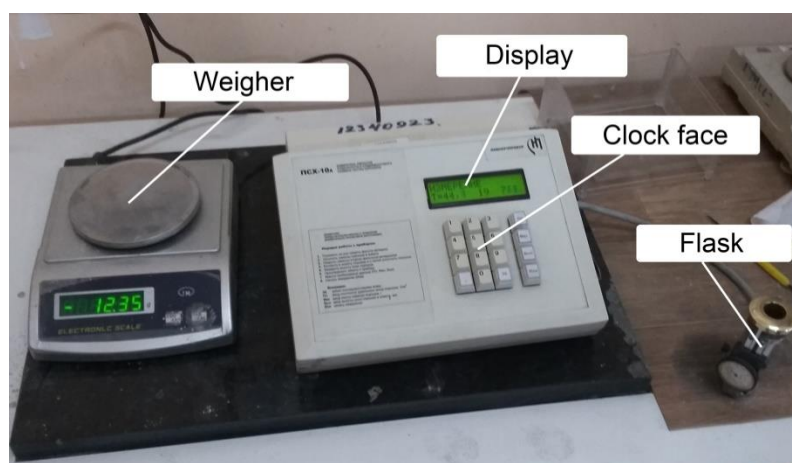


Figure 7. General view of the device PSH-10

To measure the product fineness, the mass and layer of the material destructed for one minute were previously determined using, respectively, electronic scales and a graduated cuvette of the device (Fig. 7).

The values of the mass and height of the layer are entered into the corresponding input fields using the dial of the PSH-10 device. The value of product fineness is displayed on the electronic display of the device after press the "Measurement" button. The procedure for measuring the product fineness

every minute has been repeated five times. After measuring the product fineness in a minute, the ground material was reloaded into the grinding chamber and a similar process was repeated until a constant particle size of the product was reached.

Analogical procedure has been realised for different regimes, changing the values of the rotation speed of the ellipsoidal rotor, amplitude of the chamber vibration, and the rotation speed of the unbalanced shaft. The adjustment of the rotation speeds of the ellipsoidal rotor and unbalanced shaft has been conducted by the FR-E700 Mitsubishi Electric frequency converter (Fig. 8).

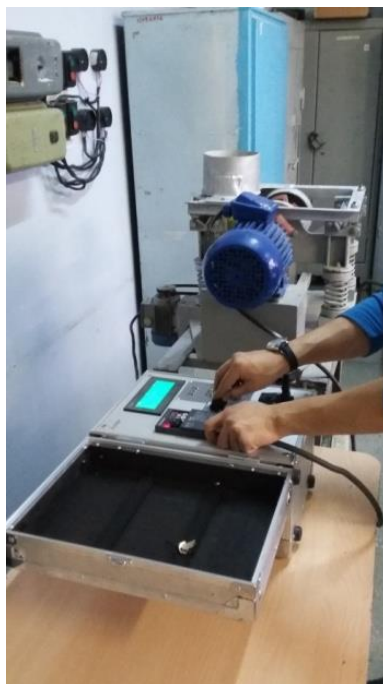


Figure 8. Frequency converter FR-E700 Mitsubishi Electric

The magnitude of vibration amplitude has been varied the positions of the unbalances.

3. Results and discussion

In Fig. 9 the results of the experiment corresponding to the following values of the rotation speed of the ellipsoidal rotor, the amplitude of the chamber vibration and the rotation speed of the unbalance shaft has been shown:

- a) $n_R = 2000$ rpm, $A = 3,5$ mm и $n_A = 1000$ rpm (Fig. 9a);
- b) $n_R = 1000$ rpm, $A = 3,5$ mm и $n_A = 1000$ rpm (Fig. 9b);
- c) $n_R = 2000$ rpm, $A = 2,5$ mm и $n_A = 1000$ rpm (Fig. 9c);
- d) $n_R = 1000$ rpm, $A = 2,5$ mm и $n_A = 1000$ rpm (Fig. 9d);
- e) $n_R = 2000$ rpm, $A = 3,5$ mm и $n_A = 3000$ rpm (Fig. 9e);
- f) $n_R = 1000$ rpm, $A = 3,5$ mm и $n_A = 3000$ rpm (Fig. 9f);
- g) $n_R = 2000$ rpm, $A = 2,5$ mm и $n_A = 3000$ rpm (Fig. 9g);
- h) $n_R = 1000$ rpm, $A = 2,5$ mm и $n_A = 3000$ rpm (Fig. 9h).

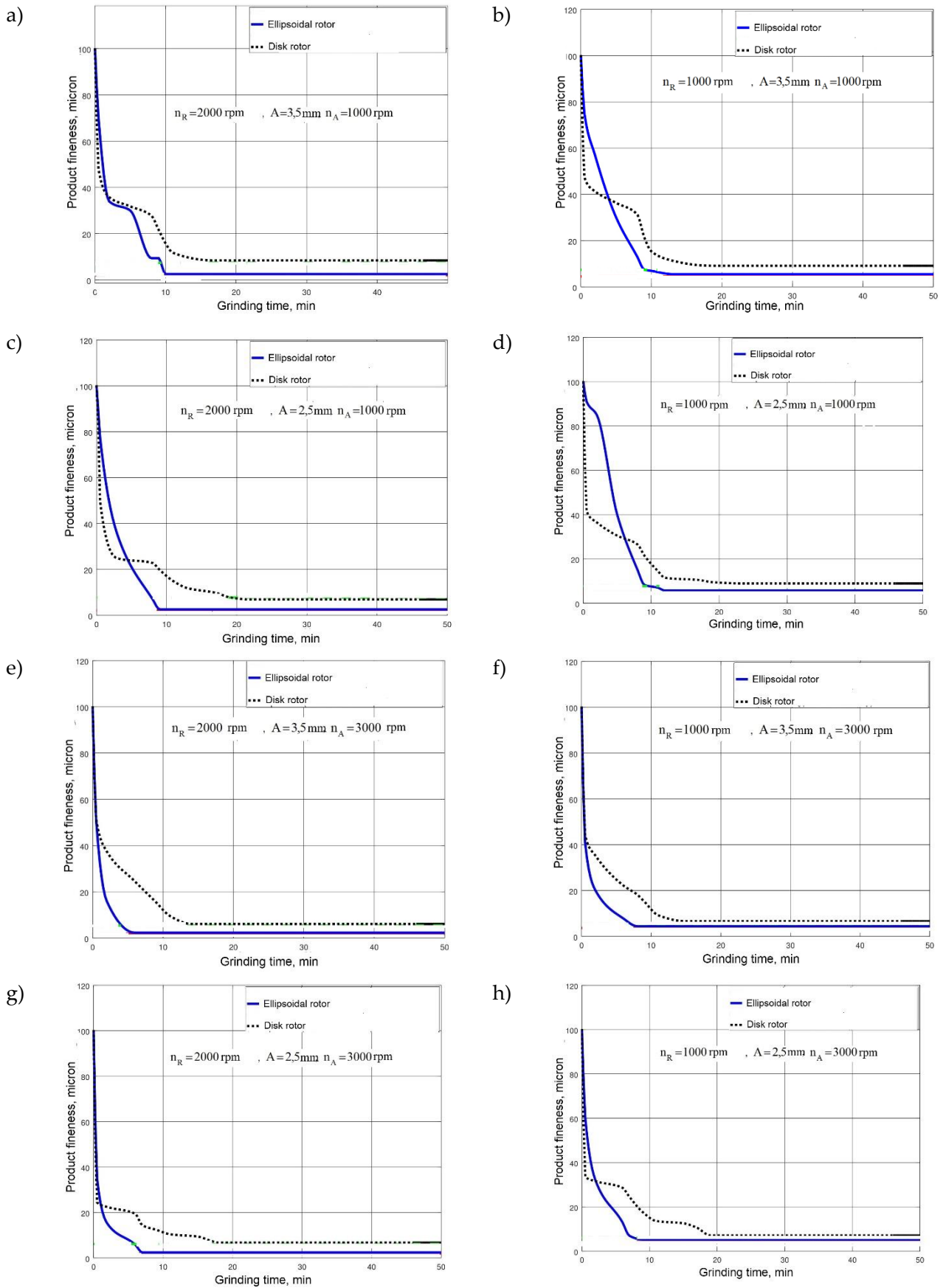


Figure 9. The results of theoretical and experimental studies

The results of the experiment are shown in Table 2.

Table 2. Experiment design matrix

#	The rotation speed of ellipsoidal rotor, rpm	Amplitude of the chamber oscillations, mm	The frequency of the chamber oscillations, об/МИН	Theoretical product fineness (ellipsoidal rotor)	Experimental product fineness (ellipsoidal rotor)	Difference	Grinding time, min (ellipsoidal rotor)	Theoretical product fineness (disk rotor)	Experimental product fineness (disk rotor)	Difference	Grinding time, min (disk rotor)
1	2000	3.5	1000	2.04	2.52	19.05%	10	7.36	8.4	12.4%	17
2	1000	3.5	1000	4.46	5.48	18.61%	13	7.36	9.1	19.1%	19
3	2000	2.5	1000	2.1	2.62	19.85%	11	7.74	6.9	12.2%	22
4	1000	2.5	1000	4.71	5.76	18.09%	12	7.74	8.9	13.1%	24
5	2000	3.5	3000	1.86	2.32	19.83%	6	5.41	6.1	11.3%	14
6	1000	3.5	3000	3.66	4.42	17.19%	8	5.41	6.6	18.1%	15
7	2000	2.5	3000	1.99	2.44	18.78%	7	6.12	6.7	8.7%	18
8	1000	2.5	3000	4.3	5.26	18.25%	9	6.12	7.1	13.8%	19

Thus, it follows from Table 2 that the highest product fineness $3.03 \mu\text{m}$ has been achieved at $n_R = 2000 \text{rpm}$, $A = 3,5 \text{ mm}$ and $n_A = 3000 \text{rpm}$, i.e. the maximum values of the parameters.

Conclusion

Based on the results of the experimental investigations of the new design of stirred media mill, the following conclusions can be presented:

1. Experimental studies have been conducted with the comminution process of the sand with an initial size of $100 \mu\text{m}$ in the new mill. According to the results the maximum product fineness accounted for $2.32 \mu\text{m}$.

2. The results of experimental studies have shown that the product fineness with using an ellipsoidal rotor at the maximum parameters of the mill is 2.6 times higher than when using a disk one. This fact confirms the relatively high efficiency of using the ellipsoidal rotor with a high degree of loading of the chamber with grinding balls.

3. It follows from the results of the experiment that the maximum grinding time is 2 times less in the case of using an ellipsoidal rotor than when using a disk rotor.

References

1. Riley M., Pinkney S., Blackburn S., Rowson N.A. Spatial distributions of media kinetic energy as measured by positron emission particle tracking in a vertically stirred media mill // Minerals Engineering.

- 2016. – С. 177–186.
2. Altun O., Enderle U., Benzer H. The effects of chamber diameter and stirrer design on dry horizontal stirred mill performance // *Minerals Engineering*. – 2014. – С. 24–28.
 3. Jayasundara C.T., Yang R.Y., Yu A.B., Rubenstein J. Effects of disc rotation speed and media loading on particle flow and grinding performance in a horizontal stirred mill // *International Journal of Mineral Processing*. – 2010. – С. 27–35.
 4. Байгереев С.Р., Гурьянов Г.А. Совершенствование мельниц с побуждающим рабочим органом на основе анализа основных факторов, влияющих на эффективность помола // *Труды университета (Карагандинский государственный технический университет)*. – 2018. – С.22–26.
 5. Гурьянов Г.А., Байгереев С.Р. О влиянии некоторых геометрических и кинематических параметров на эффективность помола в измельчителях активаторного типа // *Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе*. – 2017. – С. 184–187.
 6. Sinnott M.D., Morrison R. D., Cleary P.W. Is media shape important for grinding performance in stirred mills? // *Minerals Engineering*. – 2011. – С.138–151.
 7. Cleary P.W. Charge behaviour and power consumption in ball mills: Sensitivity to mill operating conditions, liner geometry and charge composition // *Journal of Mineral Processing*. – 2001. – С. 79–114.
 8. Shi F. Comparison of grinding media – cylpebs versus balls // *Minerals Engineering*. – 2004. – С. 1259–1268.
 9. Ipek H. The effects of grinding media shape on breakage rate // *Minerals Engineering*. – 2006. – С. 91–93.
 10. Lameck N.S., Moys M.H. Effects of media shape on milling kinetics // *Minerals Engineering*. – 2006. – С. 1377–1379.
 11. Bernotat S. Vibration mill results in the light of stress intensity and number of stressing events // *International Journal of Mineral Processing*. – 2004. – С.119–122.
 12. Хамханов К.М. Основы планирования эксперимента. - Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный технологический университет. – 2001. – 139 с.
 13. Костин В.Н., Паничев В.В. Теория эксперимента. – Оренбург: ОГУ. – 2013. – 209 с.

С.Р. Байгереев, Г.А. Гурьянов, О.Ю. Васильева

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

Жаңа бисерлік ұсақтағыш конструкциясының эксперименттік зерттеуі

Аңдатпа. Нанотехнологияның қарқынды дамуымен материалды ұнтақтау үрдістерінің тиімділігін арттыру қажеттілігі артты. Үрдіс тиімділігінің сипаттамаларының бірі ұнтақтаудың жіңішкелігі болып табылады. Материалдарды ұнтақтауға арналған әр түрлі ұсақтағыштар бар, олардың бірі бисерлік ұсақтағышы. Мақалада бисерлік ұсақтағыштың жаңа конструкциясының эксперименттік зерттеулерінің нәтижелері берілген. Жаңа ұсақтағыштың жұмыс істеу принципі ұнтақтау шарлар арқылы ұнтақталатын материалдың бөлшектеріне бірлескен радиалды және аксиалды әсер етуді ұйымдастыруға негізделген. Бұл принципті қамтамасыз ету үшін бисерлік ұсақтағыштың типтік конструкциясы эллипсоидты профиль пішіні бар роторды және серіппелері бар діріл жетекті қамтиды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, бастапқы бөлшектерінің мөлшері 100 мкм болатын құмды ұнтақтау кезінде зерттелетін ұсақтағыш ұнтақтауының максималды жіңішкелігі 2,32 мкм болды, бұл бисерлік ұсақтағыштың типтік конструкцияларында алынған ұнтақтау жіңішкелігінен 2,6 есе жоғары.

Түйін сөздер: ұсақтағыш, эксперимент, ұнтақтау жіңішкелігі, бөлшек, ұнтақтау, ұнтақтау шары.

С.Р. Байгереев, Г.А. Гурьянов, О.Ю. Васильева

*Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск,
Казахстан*

Экспериментальное исследование новой конструкции бисерной мельницы

Аннотация. С бурным развитием нанотехнологий возросла необходимость в повышении эффективности процессов измельчения материалов. Одним из критериев эффективности процесса является величина тонкости помола. Для осуществления измельчения материалов существуют различные типы мельниц, одним из которых являются бисерные мельницы. В статье приведены результаты экспериментальных исследований новой конструкции бисерной мельницы. Принцип работы новой мельницы основан на организации совместного радиального и аксиального воздействия на частицы измельчаемого материала мелющими шарами. Для обеспечения данного принципа в типовую конструкцию бисерной мельницы включены ротор с эллипсоидной формой профиля и вибрационный привод с пружинами. Как показали результаты исследований, максимальная тонкость помола исследуемой мельницы при измельчении песка с исходным размером частиц 100 мкм составила 2,32 мкм, что в 2,6 раза превышает тонкость помола, получаемую в типовых конструкциях бисерной мельницы.

Ключевые слова: мельница, эксперимент, тонкость помола, частица, измельчение, мелющий шар.

References

1. Riley M., Pinkney S., Blackburn S., Rowson N.A. Spatial distributions of media kinetic energy as measured by positron emission particle tracking in a vertically stirred media mill, *Minerals Engineering*. 2016. P. 177–186.
2. Altun O., Enderle U., Benzer H. The effects of chamber diameter and stirrer design on dry horizontal stirred mill performance, *Minerals Engineering*. 2014. P. 24–28.
3. Jayasundara C.T., Yang R.Y., Yu A.B., Rubenstein J. Effects of disc rotation speed and media loading on particle flow and grinding performance in a horizontal stirred mill, *International Journal of Mineral Processing*. 2010. P. 27–35.
4. Baigereyev S.R., Guryanov G.A. Sovershenstvovanie mel'nic s pobuzhdayushchim rabochim organom na osnove analiza osnovnykh faktorov, vliyayushchih na effektivnost' pomola [Improving mills with a stimulating working body based on an analysis of the main factors affecting the grinding efficiency], *Trudy universiteta [University Proceedings]*. 2018. P.22–26.
5. Guryanov G.A., Baigereyev S.R. O vliyanii nekotorykh geometricheskikh i kinematicheskikh parametrov na effektivnost' pomola v izmel'chitelyah aktivatornogo tipa [On the effect of some geometric and kinematic parameters on the efficiency of grinding in stirred mills], *Modernizaciya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse [Modernization and scientific research in the transport complex]*. 2017. P. 184–187.
6. Sinnott M.D., Morrison R.D., Cleary P.W. Is media shape important for grinding performance in stirred mills?, *Minerals Engineering*. 2011. P.138–151.
7. Cleary P.W. Charge behaviour and power consumption in ball mills: Sensitivity to mill operating conditions, liner geometry and charge composition, *Journal of Mineral Processing*. 2001. P. 79–114.
8. Shi F. Comparison of grinding media – cylpebs versus balls, *Minerals Engineering*. 2004. P. 1259–1268.
9. Ipek H. The effects of grinding media shape on breakage rate, *Minerals Engineering*. 2006. P. 91–93.
10. Lameck N.S., Moys M.H. Effects of media shape on milling kinetics, *Minerals Engineering*. 2006. P. 1377–1379.
11. Bernotat S. Vibration mill results in the light of stress intensity and number of stressing events,

International Journal of Mineral Processing. 2004. P.119–122.

12. Hamhanov K.M. Osnovy planirovaniya eksperimenta [The basis of the experiment planning] (Vostochno-Sibirskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet, Ulan-Ude, 2001, 139 p.).

13. Kostin V.N., Panichev V.V. Teoriya eksperimenta [Theory of experiment] (Orenburgskij gosudarstvennyj universitet, Orenburg, 2013, 209 p.).

Information about the authors:

S. Baigereyev – PhD, senior lecturer of the School of Mechanical Engineering, D. Serikbayev East Kazakhstan technical university, 69 Protozanov str., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

G. Guryanov – Candidate of Technical Sciences, professor of the School of Mechanical Engineering, D. Serikbayev East Kazakhstan technical university, 69 Protozanov str., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

O. Vasilyeva – senior lecturer of the School of Metallurgy and Mineral Processing, D. Serikbayev East Kazakhstan technical university, 69 Protozanov str., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

С.Р. Байгереев – PhD докторы, машинажасау мектебінің аға оқытушысы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Протозанов көш., 69, Өскемен, Қазақстан.

Г.А. Гурьянов – т.ғ.к., машинажасау мектебінің профессоры, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Протозанов көш., 69, Өскемен, Қазақстан.

О.Ю. Васильева – металлургия және пайдалы қазбаларды байыту мектебінің аға оқытушысы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Протозанов көш., 69, Өскемен, Қазақстан.

С.Р. Байгереев – PhD, старший преподаватель Школы машиностроения, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, ул. Протозанова, 69, Усть-Каменогорск, Казахстан.

Г.А. Гурьянов – к.т.н., профессор Школы машиностроения Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, ул. Протозанова, 69, Усть-Каменогорск, Казахстан.

О.Ю. Васильева – старший преподаватель Школы металлургии и обогащения полезных ископаемых, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, ул. Протозанова, 69, Усть-Каменогорск, Казахстан.

Renovation and modernization issues of residential development in Kazakhstan

Abstract. Mass urban development in Kazakhstan has been the subject of discussions and scientific research for many years. Unsatisfactory housing conditions, unhealthy urban environment require specific proposals for housing renovation. This study reveals the specifics of mass housing in Kazakhstan and determines the feasibility of residential buildings' renovation. Despite the fact that specialists from the economic, social and architectural fields of sciences have studied the topic, there is still ambiguity in solving the following issues: renovation strategy in the country; the possibility of residential buildings' renovation; types of residential buildings to be renovated. As a result of a comparative analysis of design materials, literary sources and statistical data, the authors determined the classification of multi-apartment residential buildings of mass series in the Republic of Kazakhstan. This classification combines the chronological order of construction, the type of structural scheme of buildings and the name of the series of residential buildings. The systematization of statistical data of the housing stock by various parameters made it possible to identify, with a small error, the proportion of multi-apartment housing subject to renovation. In addition, this work generally reveals the problem of renovation in the country related to the structure of the housing stock, the peculiarity of housing and communal services and the process of architectural and urban planning design.

Keywords: renovation, mass housing, residential development, architecture of housing, urban renewal

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-44-55

1. Introduction

The city as a complex multi-component organism includes many subsystems and structures. Degradation of one of the elements is accompanied by a general regression of the urban environment. One of the main components of the city affecting its appearance, integrity and sustainability is residential development. Considering housing as a structural element of the city, it is possible to distinguish its inherent parameters: the type of houses, the age of buildings, the connection with the urban environment, physical and moral deterioration of buildings. Each of the parameters is an indicator of the object condition and the discrepancy of one of them with the modern requirements of physical and psychological comfort affects the entire housing as a whole. When identifying negative characteristics in a dwelling, the question arises about the reconstruction and modernization of the building, which is a natural process associated with the life cycle of buildings [1].

The development and formation of cities in the Republic of Kazakhstan began mainly in the second half of the XIX century and is associated with the entry into the Russian Empire. The absence of preserved older urban structures is due to the nomadic culture of the local population and prolonged wars in Central Asia. Thus, ancient cities on the territory of Kazakhstan are represented either by ruins (Otyrar, Sauran, Sygnak), or have been preserved in fragments (Turkestan, Taraz) [2, 3]. The evolution of residential development in modern cities of the republic can be divided into three stages: the pre-revolutionary-tsarist period; the Soviet period; the period of independence. For the first time, the issues of housing modernization in the country were taken up in the 80s of the XX century, as evidenced by the

appearance of a block-complete construction method [4]. For the most popular five-storey series of standard projects built in the USSR, in 1986 the CRIED of Housing (Central Research Institute of Experimental Design) developed recommendations for modernization, where solutions are considered both for individual buildings and for development as a whole [5].

The economic feasibility of renovation of the housing stock in the country was studied in the work of A.A. Turlybaev [6], with the proposal of a model for evaluating the effectiveness of modernization of specific residential buildings. Separately, it is worth noting the result of the renovation of housing for the population, identified by the author in the study: the result of improving the quality of housing as economic well-being is a social result; the result of increasing the cost of housing as a commodity; the result of increasing the profitability of housing in the case of rent; the result of reducing current housing maintenance costs; the result of a reduction in one-time costs for capital repairs of housing.

Currently, Kazakhstan has different programs for the development of the housing sector [7, 8]. Existing programs highlight the key problems of the country's housing stock and ways to solve them, however, renovation tasks are not included in the list of necessary tasks [9]. It should be noted that there is no developed renovation strategy in the country that combines economic, architectural, urban planning, social and legal aspects [10]. Studies on the typology of housing in Kazakhstan, the transformation of housing and communal services (housing and communal services) and the use of BIM technologies in the process of housing reconstruction demonstrate the interest of the scientific community in this issue [11, 12, 13]. To develop a competent renovation strategy and its implementation, the housing and communal services of the country and the features of the housing stock should be considered separately.

2. Materials and methods

This study is aimed at identifying the features of the housing stock of Kazakhstan, namely the specifics of mass housing in the country. To collect primary data, an analysis of statistical collections on housing and its further systematization was carried out. On the basis of the studied literature sources, a correlation was made between statistical data and information about the typical series of multi-apartment residential buildings built on the territory of Kazakhstan. For the reliability of the data obtained, the authors systematized multi-apartment housing by the year of construction of houses and by the number of rooms in apartments. The resulting classifications of mass housing in Kazakhstan were determined using the method of synthesis and interpretation of data.

2.1 Housing and communal services in Kazakhstan

Housing and communal services in Kazakhstan consists of the communal sector (water, heat, gas, electricity) and the housing sector (apartment buildings and individual housing) [14]. Analysis of the existing housing and communal services system in the country revealed a number of problems affecting its effective functioning [15, 9]. First of all, it is worth noting the imperfection of legislation in the field of housing management and maintenance. The legal documents and programs being developed should be focused on increasing the responsibility of apartment owners and management bodies of condominium facilities in the proper maintenance and operation of apartment buildings. Over the past ten years, steps have been taken in the country to develop the legislative framework, as evidenced by the adoption of the Law "On Energy Conservation and Energy Efficiency", the introduction of the programs "Modernization of Housing and communal services" and "Development of regions until 2020".

Despite the introduction of housing and communal services modernization programs, the situation regarding apartment owners and their participation in housing maintenance remains the same. Homeowners do not seek to create homeowners' associations in their homes that could improve the condition of housing through their influence [7]. The active participation of residents in the

modernization process is the most important condition for its implementation. A good example is the large-scale rehabilitation of panel residential buildings in Germany, implemented due to the following factors: legislative and legal conditions allowing the joint work of homeowners, tenants, architects and the state; the participation of residents in the process of renovation of residential buildings; developed programs for regeneration and modernization of buildings [16].

2.2 Housing stock in Kazakhstan

As it was noted earlier, the formation of the housing stock in Kazakhstan can be divided into three main stages related to the development of the country's territory and the formation of cities. Each historical stage is characterized by the use of specific types of housing, building materials and technologies, as well as the volume of construction. By 2020, the country's housing stock totaled 364.3 million sq.m, of which 231.4 million sq.m. in urban settlements and 132.8 million sq.m. in rural areas (Figure 1) [17]. The provision of housing per inhabitant is 22.2 sq.m., which is significantly lower than similar indicators in the USA and the UK [18].

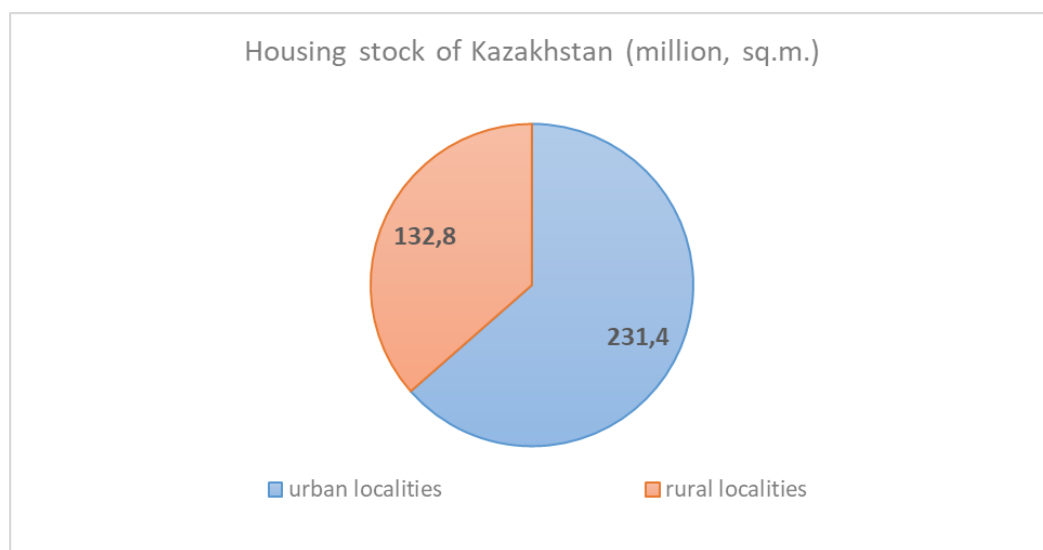


Figure 1. Housing stock of Kazakhstan (Source: authors)

In total, the housing stock includes 2 363 618 residential buildings, of which 2 049 446 are individual and 314 172 are multi-apartment. Multi-apartment residential buildings are evenly represented in all localities: 131 613 in urban and 182 559 in rural, respectively. The typology of multi-apartment residential buildings includes five types of buildings: 213 687 two-apartment, 21 180 three-apartment, 14 328 four-apartment, 3 412 five-apartment, 61 565 six or more (Figure 2) [17].

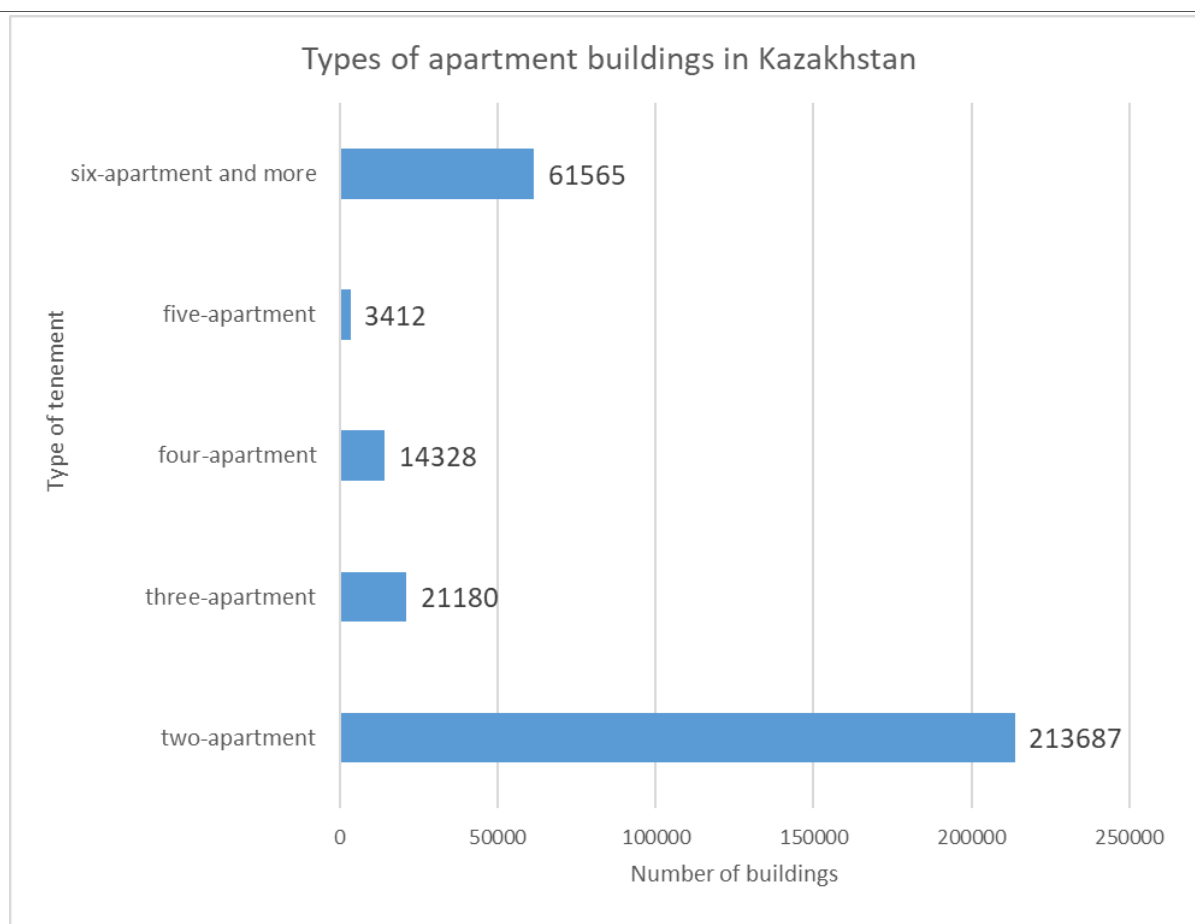


Figure 2. Types of apartment buildings in Kazakhstan (Source: authors)

According to statistics, 258 121 houses were built before 1990, which is 83% of all apartment buildings in Kazakhstan (Figure 3) [17]. Housing of this period is mainly represented by standard series of residential buildings of different structures. At the same time, Table 1 shows that most of the residential buildings of the period under review were built before 1970, which include houses of the first mass series and, to a lesser extent, multi-apartment housing built according to individual projects. In general, the development of the housing stock in Kazakhstan proceeded systematically with an alternating increase and decrease in the pace of construction. Only since 1991, a sharp decrease in the volume of construction can be observed, which is primarily due to the transition from standard to individual design.

Table 1. Number of apartment buildings by year of commissioning (Source: authors)

Year of commissioning	before 1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020
Number of houses	121234	30342	38470	30133	37942	14306	6593	6836	15305	7487	4584

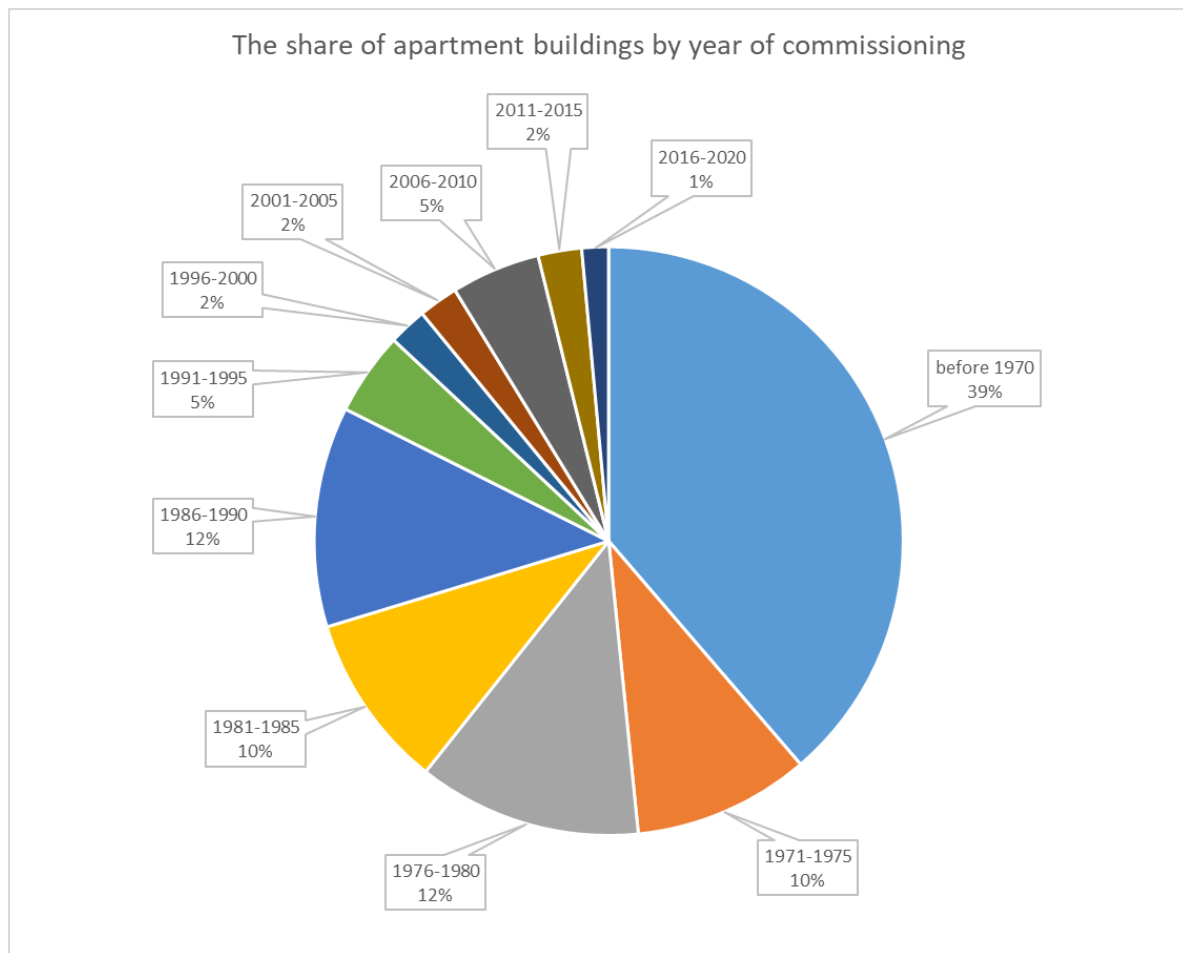


Figure 3. The share of apartment buildings by year of commissioning (Source: authors)

Considering multi-apartment housing in the context of design features, the following types of buildings can be distinguished: frame-reed or wooden, with load-bearing brick walls, large-panel, frame-panel or frame-brick, monolithic. The typology of multi-apartment housing based on structural materials is directly related to the historical periods of construction in the country. Since the 1930s, two-storey frame-reed and brick houses have been actively built in Kazakhstan. The most widely distributed series of KS-8-50, 261, 264, 105-4, 117-4, 207, 228, 230 and 204. These series had different layout variations, but mainly eight- and twelve-apartment residential buildings were built. With the development of the scientific and technical base and the study of the natural and climatic conditions of Kazakhstan, three-storey series 261-A, 275 and 1-308 are being developed, which correspond to the increased seismicity of the country's regions. Since 1959, the construction of large-panel residential buildings has begun, which have become the predominant type of development in all cities of present-day Kazakhstan. Four- and five-storey series 1-464A and 1-335A were built throughout the country, later transformed into the series 1KZ-464AS, 1KZ-464DS, 1-335AU, 1-335AK and UK-78-335A. Since 1970, with the development of panel housing construction, there has been a transition from the typical design of houses to the block-sectional method of construction, the object of typification of which was the block section. This is how the five-storey 69 series appeared, in which fundamentally new architectural and planning solutions were applied. At the same time, the problems of multi-storey construction in conditions of increased seismicity are being solved. The architects of the Central Research Institute of Housing developed the E-147 series, on the basis of which one of the most popular series – the 158 was subsequently designed. These series were built in both five-story and nine-story versions. Separately, it is worth noting the widespread series of houses in various regions of the country, designed taking into account natural and climatic conditions. So, based on the series 1-464A, a series 121 was developed for the northern regions, in the cities of Central and Western Kazakhstan, with an arid climate, series 86, 97, 1-105, 1-43 and 1-310 were actively used. All

of the above series, although they have planning differences, are generally characterized by a rigid three-dimensional structure associated with the technology of panel construction. In order to create more flexible spaces that allow to arrange trade enterprises on the first floors, to design multi-variant apartment layouts, since the mid-1970s, construction of the series begins: SZHKU-9, VT, VP. These series also include the 70 series, which has a similar structural scheme made of reinforced concrete frame. The final stage in the design and construction of mass housing is monolithic housing construction. Despite the absence of specific series, monolithic residential buildings have similar layout solutions, the main distinguishing feature of which is a reinforced concrete core of rigidity with self-supporting walls. Similar residential buildings have been built in Kazakhstan since 1970 in nine- and twelve-storey versions [3].

3. Results and discussions

According to the data given in Table 1 and the analysis of types of residential buildings in Kazakhstan, mass housing is 86.71% of all apartment buildings (Table 2). It should be noted that the data presented in Table 2 are averaged, but generally correspond to the current state of the housing stock in the country. Housing built according to individual projects is 12.19%, which includes all residential buildings built since 1995. These houses are relatively new and are characterized by insignificant moral and physical wear. Undoubtedly, apartment buildings on individual projects were built in earlier periods, but unfortunately, they have been preserved only in fragments in the historical centers of the cities of Kazakhstan. Consequently, the specifics of this type of housing involves restoration work, while preserving the architectural and planning features of buildings. Emergency residential buildings occupy an insignificant share of the housing stock. According to statistics from 2020 [17], 3 441 buildings are in disrepair, which is 1.1% of all apartment buildings. Thus, the main group of residential buildings subject to comprehensive renovation and modernization are apartment buildings of mass type.

Table 2. Number of residential buildings subject to complex renovation (Source: authors)

Multi-apartment residential buildings	Quantity, pcs.	%
Housing on individual projects	38 304	12,19%
Emergency residential buildings	3 441	1,10%
Mass type housing	272 427	86,71%

To make architectural and urban planning decisions on the renovation of mass housing, a scientific study of the potential of these buildings is required. Potential refers to the study of architectural and structural features of buildings for possible adaptation and modernization. The analysis showed that mass housing in Kazakhstan consists of six groups of standard series. Each of the groups includes a different series of residential buildings (Table 3). Differentiation of building types, their diversity requires the development of separate solutions for each of them. Initially, it is necessary to determine the main vectors of modernization of typical residential buildings. According to research conducted in 2010-2013, the consumption of thermal energy in apartment buildings was 270 kW/sq.m. per year, which is significantly higher than the European average – 100-120 kW/sq.m. per year. About 30% of heat is lost through enclosing structures: facade walls, windows, roof, basements, floors of the first floors, entrances [9]. Thus, renovation should solve, first of all, the issue of energy efficiency of buildings. Solutions to improve energy efficiency should be based on full-scale surveys of buildings, with a detailed description of the condition of load-bearing and enclosing structures. At the same time, special attention should be paid to houses with a wooden frame, in order to maximize the preservation of this type of housing. The

next direction of modernization is to change the spatial and architectural planning solutions of buildings. Despite the criticism of the first mass series related to the service life of buildings and the condition of structures, studies have shown the potential for renovation of these typical houses. Residential buildings of the 60s are made of walls and foundations with a sufficient margin of safety (a margin of thickness of 30%), which allows to build floors, redevelop and apply solutions to change the volume of buildings [19].

Table 3. Classification of mass series of tenements in Kazakhstan (Source: authors)

Multi -apartment residential buildings	Years of construction	Series name	Load-bearing structures
Frame-reed	1930-1950	KS-8-50	Wooden frame
Brick	1930-1960	261, 264, 105-4, 117-4, 207, 228, 230, 204, 275, 1-308	Transverse-longitudinal load-bearing walls
Large - panel	1960-1980	1KZ-464AS, 1KZ-464DS, 1-335AU, 1-335AK, UK-78-335A, 69, E-147, 158, 121, 86, 97, 1-105, 1-43, 1-310	Reinforced concrete panels
Frame-panel	1970-1990	SZHKU-9	Reinforced concrete frame
Frame-brick	1970-1990	VT, VP, 70	Reinforced concrete frame
Monolithic	1970-1990		Monolithic reinforced concrete

4. Conclusion

A distinctive feature of the housing stock of Kazakhstan is the predominance of residential buildings of mass type. This category of housing includes typical apartment buildings that differ in the following parameters: structural schemes; years of construction; number of floors; materials of load-bearing and enclosing structures. The attitude towards a typical residential building in Europe began to change in the 1960-1970s of the last century [20]. The negative towards the mass housing was associated with the design method itself, excluding a specific, living inhabitant from the process. The inhumane features of typical housing identified by architectural scientists led to the transition to the design of residential buildings focused on a specific social group [21]. Today, there is a tendency in the world to renovate this type of housing, in order to preserve the urban context and the existing social ties in cities. The classification of typical apartment buildings in Kazakhstan obtained during the study (Table 3) allows us to identify groups of buildings with similar characteristics for further analysis and identification of renovation potential. It is important to note that architectural renovation solutions should be developed for each house separately, taking into account the unique urban situation. Nevertheless, the typical nature of housing suggests the possibility of creating a generalized renovation model for each series and group of series of residential buildings. Thus, the model, which includes scientifically based proposals and recommendations for renovation, will accelerate the adoption of design decisions in each individual case. One of the positive and important features of mass housing in Kazakhstan is its diversity. Multi-apartment housing, differing in age, number of floors, spatial solution will significantly improve the morphology of the building, bringing adaptability to the urban environment. Therefore, when conducting a full-scale survey of buildings and issuing an opinion on the condition of structures, it is necessary to consider all possible options for preserving the structure.

References

1. Kiseleva, T. A., & Andrishulik, V. A. (2016). Rekonstrukcija kak zakonomernyj process razvitija goroda [Reconstruction as a natural process of city development]. *Innovations in the socio-cultural space* (pp. 75–81). (in Russ.)
2. Tujakbaeva B.T. (2008) *Almaty: drevnij, srednevekovyj, kolonial'nyj, sovetskij jetapy urbanizacii* [Almaty: ancient, medieval, colonial, Soviet stages of urbanization]. – Almaty: “World Discovery” – 248 p. (in Russ.)
3. Glaudinov B., Sejdalın M., Karpykov A. (1987) *Arhitektura Sovetskogo Kazahstana* [Architecture of the Soviet Kazakhstan]. – M.: Strojizdat – 319 p. (in Russ.)
4. Reva, M. V., & Vavilova, O. N. (2017). Formirovanie sovremennogo mnogokvartirnogo zhil'ja v gorodah Central'nogo Kazahstana [Formation of modern multi-apartment housing in the cities of Central Kazakhstan]. *Fundamental and applied research: problems and results*, (pp. 171-174). (in Russ.)
5. Spivak A.N. et al. (1986) *Rekomendacii po modernizacii pjatijetazhnyh zhilyh domov massovyh serij tipovyh proektov* [Recommendations for the modernization of five-storey residential buildings of mass series of standard projects]. – CRIED of Housing. (in Russ.)
6. Turlybaev A.A. (2020) *Ocenka jeffektivnosti upravlenija proektami rekonstrukcii i renovacii zhilishhnogo fonda (na materialah g.Almaty)* [Assessment of the effectiveness of project management of reconstruction and renovation of housing stock (based on the materials of Almaty)]: master's thesis: UDK 665.662.43.0466-52 (043). – Almaty – 82 p. (in Russ.)
7. Timoshina, T. P., Rahimzhanova, N. B. (2013). K voprosu o zhilishhnom stroitel'stve v Respublike Kazahstan [On the issue of housing construction in the Republic of Kazakhstan]. *Management of socio-economic development of regions: problems and ways to solve them*, (pp. 235–238). (in Russ.)
8. *Modernizacija zhilishhnoj politiki, stroitel'stvo dostupnogo zhil'ja i ipoteka po vygodnym uslovijam – razvitie zhilishhnogo stroitel'stva v Kazahstane* [Modernization of housing policy, construction of affordable housing and mortgage on favorable terms – development of housing construction in Kazakhstan] (14 April 2021) (in Russ.) Source: <https://primeminister.kz/ru/news/modernizaciya-zhilishhnoj-politiki-stroitel'stvo-dostupnogo-zhilya-i-ipoteka-po-vygodnym-uslovijam-razvitie-zhilishhnogo-stroitel'stva-v-kazahstane-1432048>
9. *National housing surveys of the Republic of Kazakhstan*. (2018) United Nations Economic Commission for Europe. – Geneva (p.173).
10. Bajramukov, S. H., Dolaeva, Z. N. (2013). Kompleksnyj podhod k probleme modernizacii zhilishhnogo fonda [An integrated approach to the problem of modernization of the housing stock]. *Engineering Bulletin of the Don*, 27 (4 (27)), 99. (in Russ.)
11. Saduakas, A. T., Adilova, D. A. (2021). Tipologija zhilyh domov v Respublike Kazahstan: preimushhestvo i nedostatki [Typology of residential buildings in the Republic of Kazakhstan: advantages and disadvantages]. *StudNet*, 4(3). (in Russ.)
12. Shalbolova, U. Zh., Zejnolla, Z., & Bajkin, A. K. (2018). Social'no-jekonomicheskaja politika Kazahstana: modernizacija zhilishhno-kommunal'nogo hozjajstva [Socio-economic policy of Kazakhstan: modernization of housing and communal services]. *Innovative scientific research: theory, methodology, practice* (pp. 141-144). (in Russ.)
13. Maulenova, G. D., & Barsukova, O. V. (2020). Primenenie bim tehnologij dlja rekonstrukcii i modernizacii sushhestvujushhej zastrojki [Application of BIM technologies for reconstruction and modernization of existing buildings]. *Problems of modern science and education*, (5 (150)), 87–91. (in Russ.)
14. Bajbosynova, A. M. (2013). Problemy i perspektivy razvitija ZhKH v Kazahstane [Problems and prospects of housing and communal services development in Kazakhstan]. *Seifullin readings-9: a new vector of development of higher education and science: mat. Repub. sci.-theory. conf., dedicated. The Day of the First President of the Republic of Kazakhstan*, (p. 343). (in Russ.)
15. Ryspekova, M. O. (2010). Problemy zhil'ja v Respublike Kazahstan [Housing problems in the Republic of Kazakhstan]. *Bulletin of the ENU named after L.N. Gumilyov*, № 1 (74), pp. 264-266. (in Russ.)

16. Meerovich, M. G., & Franceva, Ju. V. (2017). Problemy kompleksnoj regeneracii zhilij sredy rajonov krupnopanel'noj zastrojki. Vozmozhnost' adaptacii germanskogo opyta k social'no-jekonomicheskim i pravovym uslovijam stran SNG [Problems of complex regeneration of the residential environment of large-panel development areas. The possibility of adapting the German experience to the socio-economic and legal conditions of the CIS countries]. News of universities. Investment. Construction. Realty, 7(1 (20)). (in Russ.)
17. About the housing fund / Statistical collection. (2020) Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan Statistics Committee. – Nur-sultan. (in Russ.)
18. Musabaev, T. T., Karibaeva, A. T., & Tkach, O. N. (2016). Zhilishhnyj fond kak odin iz bazovyh pokazatelej blagosostojaniya strany [Housing stock as one of the basic indicators of the country's well-being]. SCIENCE OF THE XXI CENTURY, (pp. 158–165). (in Russ.)
19. Danilov, V. I., Danilova, M. Je., & Mardanov, A. K. (2004). Rekonstrukcija zhilishhnogo fonda na sovremennom jetape [Reconstruction of the housing stock at the present stage]. Science and technology of Kazakhstan, (2), pp.62–66. (in Russ.)
20. Kiyanenکو, K. V. (2005). Tipologija zhilishha: ot proektnoj reglamentacii k stimulirovaniju mnogoobrazija [Typology of housing: from project regulation to stimulating diversity]. Housing construction, (7), 2–6. (in Russ.)
21. Kiyanenکو, K. V. (2008). Kak pomirit' industrial'nost' s gumanistichnost'ju i prevratit' massovoe zhilishhe v individual'noe: teorija "opor" i "zapolnenija" [How to reconcile industrialism with humanism and turn a mass dwelling into an individual one: the theory of "supports" and "filling"]. Architectural Bulletin, (6), 140-145. (in Russ.)
22. Kuspangaliev B.U. (2000) Arhitektura gorodskogo zhilishha Kazahstana [Architecture of urban housing in Kazakhstan]. – Almaty: QazBSQA – 184 p. (in Russ.)
23. Murzabayeva, K., Lapshina, E., Tuyakayeva, A. (2022) Modernization of the Living Environment Space Using the Example of an Urban Array of Residential Buildings from the Soviet Period in Almaty. Buildings, 12, 1042. <https://doi.org/10.3390/buildings12071042>
24. Murzabayeva, K. (2020). Sovremennyj zarubezhnyj opyt rekonstrukcii zhilij zastrojki massovyh serij [Modern foreign experience of reconstruction of residential buildings of mass series]. Bulletin of Kazakh Leading Architecture Building Academy №, 3, 77. (in Russ.) <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2020.3-06>

Н.Ж. Саржанов, А.Б. Абдрахман
Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан

Қазақстандағы тұрғын үй құрылысын жаңарту және жаңғырту мәселелері

Аңдатпа. Қазақстандағы қалаларда жаппай тұрғын үйлер көптеген жылдар бойы пікірталастар мен ғылыми ізденістердің тақырыбы болып табылады. Қанағаттанарлықсыз тұрғын үй жағдайлары, зиянды қалалық орта тұрғын үйді жаңарту бойынша нақты ұсыныстарды талап етеді. Бұл зерттеу Қазақстандағы жаппай тұрғын үйдің ерекшелігін ашады және тұрғын үй құрылысын жаңартудың орындылығын анықтайды. Ғылымның экономикалық, әлеуметтік және сәулет салаларының мамандары тақырыпты зерттегеніне қарамастан, бүгінгі күнге дейін келесі мәселелерді шешуде түсініксіздік сақталуда: елдегі қайта құру стратегиясы; тұрғын үйлерді қайта құру мүмкіндігі; жаңартылатын тұрғын үйлердің түрлері. Жобалық материалдарды, әдеби дереккөздерді және статистикалық деректерді салыстырмалы талдау нәтижесінде авторлар Қазақстан Республикасындағы жаппай сериялы көппәтерлі тұрғын үйлердің жіктемесін анықтады. Бұл жіктеу құрылыстың хронологиялық тәртібін, нимараттардың құрылымдық схемасының түрін және тұрғын үй серияларының атауын біріктіреді. Тұрғын үй қорының статистикалық деректерін әртүрлі параметрлер бойынша жүйелеу жөндеуге жататын көппәтерлі тұрғын үйдің үлесін аз қателікпен анықтауға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, бұл жұмыс

тұтастай алғанда елдегі тұрғын үй қорының құрылымына, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылықтың ерекшелігіне және сәулет-қала құрылысын жобалау процесіне байланысты жөндеу мәселесін ашады.

Түйін сөздер: жаңарту, жаппай тұрғын үй, тұрғын үй құрылысы, тұрғын үй сәулеті, қалалық ортаны қалпына келтіру.

Н.Ж. Саржанов, А.Б. Абдрахман
Satbayev University, Алматы, Қазақстан

Проблемы реновации и модернизации жилой застройки в Казахстане

Аннотация. Массовая застройка городов в Казахстане является предметом дискуссий и научных изысканий уже много лет. Неудовлетворительные жилищные условия, нездоровая городская среда требуют конкретных предложений по реновации жилья. Данное исследование раскрывает специфику массового жилища в Казахстане и определяет целесообразность реновации жилой застройки. Несмотря на изученность темы специалистами из экономической, социальной и архитектурной областей наук по сей день сохраняется неясность в решении следующих вопросов: стратегия реновации в стране; возможность реновации жилых домов; типы жилых домов, подлежащих реновации. В результате сравнительного анализа проектных материалов, литературных источников и статистических данных авторы определили классификацию многоквартирных жилых домов массовых серий в Республике Казахстан. Данная классификация объединяет хронологический порядок строительства, тип конструктивной схемы зданий и наименование серий жилых домов. Систематизация статистических данных жилищного фонда по различным параметрам позволила выявить с небольшой погрешностью долю многоквартирного жилья, подлежащего реновации. Помимо этого, данная работа в целом раскрывает проблему реновации в стране, связанную со структурой жилищного фонда, особенностями жилищно-коммунального хозяйства и процессом архитектурно-градостроительного проектирования.

Ключевые слова: реновация, массовое жилье, жилая застройка, архитектура жилища, регенерация городской среды.

References

1. Kiseleva, T. A., & Andrishulik, V. A. (2016). Rekonstrukcija kak zakonomernyj process razvitija goroda [Reconstruction as a natural process of city development]. *Innovations in the socio-cultural space* (pp. 75–81).
2. Tujakbaeva B.T. (2008) *Almaty: drevnij, srednevekovyj, kolonial'nyj, sovetskij jetapy urbanizacii* [Almaty: ancient, medieval, colonial, Soviet stages of urbanization]. – Алматы: “World Discovery” – 248 p.
3. Glaudinov B., Sejdalin M., Karpykov A. (1987) *Arhitektura Sovetskogo Kazahstana* [Architecture of the Soviet Kazakhstan]. – М.: Strojizdat – 319 p.
4. Reva, M. V., & Vavilova, O. N. (2017). Formirovanie sovremennogo mnogokvartirnogo zhil'ja v gorodah Central'nogo Kazahstana [Formation of modern multi-apartment housing in the cities of Central Kazakhstan]. *Fundamental and applied research: problems and results*, (pp. 171–174).
5. Spivak A.N. et al. (1986) *Rekomendacii po modernizacii pjatijetazhnyh zhilyh domov massovyh serij tipovyh proektov* [Recommendations for the modernization of five-storey residential buildings of mass series of standard projects]. – CRIED of Housing.
6. Turlybaev A.A. (2020) *Ocenka jeffektivnosti upravlenija proektami rekonstrukcii i renovacii zhilishhnogo fonda (na materialah g.Almaty)* [Assessment of the effectiveness of project management of

- reconstruction and renovation of housing stock (based on the materials of Almaty)]: master's thesis: UDK 665.662.43.0466-52 (043). – Almaty – 82 p.
7. Timoshina, T. P., Rahimzhanova, N. B. (2013). K voprosu o zhilishhnom stroitel'stve v Respublike Kazakhstan [On the issue of housing construction in the Republic of Kazakhstan]. Management of socio-economic development of regions: problems and ways to solve them, (pp. 235–238).
8. Modernizaciya zhilishhnoj politiki, stroitel'stvo dostupnogo zhil'ja i ipoteka po vygodnym usloviyam – razvitie zhilishhnogo stroitel'stva v Kazahstane [Modernization of housing policy, construction of affordable housing and mortgage on favorable terms – development of housing construction in Kazakhstan] (14 April 2021) Source: <https://primeminister.kz/ru/news/modernizaciya-zhilishhnoy-politiki-stroitelstvo-dostupnogo-zhilya-i-ipoteka-po-vygodnym-usloviyam-razvitie-zhilishhnogo-stroitelstva-v-kazahstane-1432048>
9. National housing surveys of the Republic of Kazakhstan. (2018) United Nations Economic Commission for Europe. – Geneva (p.173).
10. Bajramukov, S. H., Dolaeva, Z. N. (2013). Kompleksnyj podhod k probleme modernizacii zhilishhnogo fonda [An integrated approach to the problem of modernization of the housing stock]. Engineering Bulletin of the Don, 27 (4 (27)), 99.
11. Saduakas, A. T., Adilova, D. A. (2021). Tipologija zhilyh domov v Respublike Kazakhstan: preimushhestvo i nedostatki [Typology of residential buildings in the Republic of Kazakhstan: advantages and disadvantages]. StudNet, 4(3).
12. Shalbolova, U. Zh., Zejnolla, Z., & Bajkin, A. K. (2018). Social'no-jekonomicheskaja politika Kazahstana: modernizaciya zhilishhno-kommunal'nogo hozjajstva [Socio-economic policy of Kazakhstan: modernization of housing and communal services]. Innovative scientific research: theory, methodology, practice (pp. 141–144).
13. Maulenova, G. D., & Barsukova, O. V. (2020). Primenenie bim tehnologij dlja rekonstrukcii i modernizacii sushhestvujushhej zastrojki [Application of BIM technologies for reconstruction and modernization of existing buildings]. Problems of modern science and education, (5 (150)), 87–91.
14. Bajbosynova, A. M. (2013). Problemy i perspektivy razvitija ZhKH v Kazahstane [Problems and prospects of housing and communal services development in Kazakhstan]. Seifullin readings-9: a new vector of development of higher education and science: mat. Repub. sci.-theory. conf., dedicated. The Day of the First President of the Republic of Kazakhstan, (p. 343).
15. Ryspekova, M. O. (2010). Problemy zhil'ja v Respublike Kazakhstan [Housing problems in the Republic of Kazakhstan]. Bulletin of the ENU named after L.N. Gumilyov, № 1 (74), pp. 264–266.
16. Meerovich, M. G., & Franceva, Ju. V. (2017). Problemy kompleksnoj regeneracii zhiloj sredy rajonov krupnopanel'noj zastrojki. Vozmozhnost' adaptacii germanskogo opyta k social'no-jekonomicheskim i pravovym usloviyam stran SNG [Problems of complex regeneration of the residential environment of large-panel development areas. The possibility of adapting the German experience to the socio-economic and legal conditions of the CIS countries]. News of universities. Investment. Construction. Realty, 7(1 (20)).
17. About the housing fund / Statistical collection. (2020) Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan Statistics Committee. – Nur-sultan.
18. Musabaev, T. T., Karibaeva, A. T., & Tkach, O. N. (2016). Zhilishhnyj fond kak odin iz bazovyh pokazatelej blagosostojaniya strany [Housing stock as one of the basic indicators of the country's well-being]. SCIENCE OF THE XXI CENTURY, (pp. 158-165).
19. Danilov, V. I., Danilova, M. Je., & Mardanov, A. K. (2004). Rekonstrukcija zhilishhnogo fonda na sovremennom jetape [Reconstruction of the housing stock at the present stage]. Science and technology of Kazakhstan, (2), pp.62–66.
20. Kiyanenko, K. V. (2005). Tipologija zhilishha: ot proektnoj reglamentacii k stimulirovaniju mnogoobrazija [Typology of housing: from project regulation to stimulating diversity]. Housing construction, (7), 2–6.
21. Kiyanenko, K. V. (2008). Kak pomirit' industrial'nost' s gumanistichnost'ju i prevratit' massovoe

zhilishhe v individual'noe: teoriya "opor" i "zapolneniya" [How to reconcile industrialism with humanism and turn a mass dwelling into an individual one: the theory of "supports" and "filling"]. Architectural Bulletin, (6), 140–145.

22. Kuspangaliev B.U. (2000) Arhitektura gorodskogo zhilishha Kazahstana [Architecture of urban housing in Kazakhstan]. – Almaty: QazBSQA – 184 p.

23. Murzabayeva, K., Lapshina, E., Tuyakayeva, A. (2022) Modernization of the Living Environment Space Using the Example of an Urban Array of Residential Buildings from the Soviet Period in Almaty. Buildings, 12, 1042. <https://doi.org/10.3390/buildings12071042>

24. Murzabayeva, K. (2020). Sovremennyy zarubezhnyy opyt rekonstrukcii zhiloy zastroyki massovyh seriy [Modern foreign experience of reconstruction of residential buildings of mass series]. Bulletin of Kazakh Leading Architecture Building Academy №, 3, 77. (in Russ.) <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2020.3-06>

Information about authors:

N. Sarzhanov – Master of Arts, senior lecturer of the Architecture department, Satbayev University, 22a Satpaev str., Almaty, Kazakhstan.

A. Abdrakhman – Master's student of the Architecture department, Satbayev University, 22a Satpaev str., Almaty, Kazakhstan.

Н.Ж. Саржанов – өнертану ғылымдарының магистрі, сәулет кафедрасының аға оқытушы, Satbayev University, Сәтбаев көшесі, 22а, Алматы, Қазақстан.

А.Б. Абдрахман – Сәулет кафедрасының магистранты, Satbayev University, Сәтбаев көшесі, 22а, Алматы, Қазақстан.

Н.Ж. Саржанов – Магистр искусствоведческих наук, старший преподаватель кафедры Архитектура, Satbayev University, ул. Сатпаева, 22а, Алматы, Казахстан.

А.Б. Абдрахман – Магистрант кафедры Архитектура, Satbayev University, ул. Сатпаева, 22а, Алматы, Казахстан.

Формирование «зеленой» архитектуры жилых комплексов (на примере Астаны, Сиднея)

Аннотация. В данной работе, в рамках исследования «зеленой» архитектуры зданий, рассматриваются два крупных развивающихся города Астана и Сидней, где, по мнению авторов, наиболее выражены формы загрязнения окружающей среды в силу ряда схожих причин их возникновения. Сегодня стало очевидным, что в крупных городах Земли заметно сокращается природная компонента среды и особенно актуальным вопросом, вот уже на протяжении последних десятилетий, является обращение мирового архитектурного сообщества к экологическим аспектам проектирования и строительства, способствующим комфортному, устойчивому развитию городского пространства. В разных городах существует своя экологическая ситуация, и в зависимости от природно-климатических, социально-экономических условий, характера застройки определяются свои эффективные механизмы для оптимизации состояния городских пространств. На фоне неблагоприятной экологической обстановки в мире в городах Астаны и Сиднея сегодня создаются ориентиры в направлении формирования качества окружающей среды, где актуальность вопросов гармоничного взаимодействия человека с природным окружением возрастает с каждым годом. В статье рассматриваются современные проекты жилых комплексов «Зеленый квартал» и «One Central Park». В результате их сравнительного анализа выявились отличительные и схожие черты в поиске методов создания «зеленой» архитектуры, определяющие объективные предпосылки и пути решения для дальнейшего развития современной архитектуры жилья.

Ключевые слова: «зеленая» архитектура, жилые комплексы, энергоэффективность, окружающая среда, инновационные технологии.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-56-66

1. Введение

В современном мире города являются центром притяжения населения и растут такими значительными темпами, что урбанисты не успевают разрешать массу проблем, в первую очередь, связанных с экологическими вопросами [1]. В связи с ростом экономики и городского населения резко возросло потребление энергоресурсов в зданиях [2].

Началом создания «зелёной» архитектуры принято считать 70-80-е гг. XX века. После очередного энергетического кризиса стран Запада и Европы ученые и специалисты, в частности архитектурно-строительной деятельности, всерьез подошли к решению проблем загрязнения окружающей среды и сохранения природных ресурсов.

Аспекты экологического развития городов были изучены во многих трудах ученых. В работе Дж.Э. Аронина особое внимание уделено методам проектирования комфортных поселений с комплексным учетом экологических факторов и требованиям охраны природы. Здесь автор подчеркивает, что «особенности регионального климата и местных погодных условий – первооснова для формирования экологически устойчивых градостроительных систем» [3, с. 37].

В концепции экологизации городов, представленной Тетиором А.Н., описывается важность сохранения и восстановления природной среды. Помимо этого, экологичные здания должны решать проблемы самообеспечения ресурсами и переработки отходов за счет инновационных, архитектурно-строительных и технологических решений. Более того, «зеленые» здания должны быть способны восстанавливать природу [4, стр.6].

Многие научные работы отечественных ученых посвящены мировым вопросам экологического проектирования, и в контексте «зеленой» архитектуры рассматриваются как отдельные здания, так и эколого-градостроительное планирование городов в целом. Например, в научной работе Мамедова С.Э., Байдрахмановой М.Г., в ходе исследования экологического аспекта «Марсельской жилой единицы», отмечается, что положительный результат экологического развития города базируется на экологическом создании всех его элементов, среди которых основная масса приходится на жилые комплексы [5].

В основу темы исследования легли два города, природно-климатические условия которых резко отличаются в силу своего географического расположения относительно поверхности Земли, - Астана и Сидней. Астана находится на слабоволнистой степной равнине [6] с резко континентальным климатом (с продолжительным сезоном холодной снежной зимы и коротким сезоном засушливого лета), тогда как Сидней расположен в зоне субтропического океанического климата с умеренным характером легкой прохладной зимы и жаркого лета. Кроме этого, на сегодняшний день города активно застраиваются и расширяются. Поскольку проработке вопроса по формированию «зеленой» архитектуры для различных климатических условий, рассмотрения ее с точки зрения сопоставления не уделялось должного внимания, то интересным является исследование современной архитектуры в городах Астана и Сидней, где можно проследить свои механизмы реализации энергосберегающих технологий.

В Казахстане проблеме экологического состояния крупных городов, экономии энергоресурсов стали уделять большое внимание в конце XX и начале XXI в. Причиной этому стали последствия урбанизации, социальный фактор (производственная деятельность, транспорт), которые в свою очередь вызвали угрозу экологического характера.

Так, ряд особых мер принят по улучшению экологии города Астаны, одна из них - программа «Astana Green», основной целью которой является максимальное озеленение города и принятие конструктивных мер в области энергоэффективности и экологии всех сфер деятельности, в частности архитектуры и строительства.

Учитывая особенные климатические характеристики континента Австралии (расположение у океана, хрупкость природы) власти страны сегодня уделяют особое внимание его устойчивому развитию. Город Сидней, являясь одним из крупных и культурных центров государства, в рамках поддержки программы «Устойчивый Сидней 2030-2050» сегодня активно застраивается объектами «зеленой» архитектуры, где главная задача - нулевое воздействие зданий на окружающую среду.

В силу высокой урбанизации рассматриваемых городов возникли экологические проблемы их среды. Основными источниками нарушения экобаланса среды в городах Астана и Сидней являются следующие факторы:

- освоение территорий и масштабное строительство городов сокращают площадь озелененных пространств;
- транспортная загруженность городов приводит к загрязнению среды от автомобильных выхлопов;
- негативное воздействие на окружающую среду от выбросов предприятий городов, в частности от печного сектора.

В современном мире проблемы урбанизации давно вышли на первый план борьбы с загрязнением городской среды. Причина данных проблем связана с ориентацией человечества на повышение темпов экономического развития, на рост урожайности и производственные ценности.

При этом игнорируется охрана окружающей среды при градостроительстве, а также при развитии инфраструктуры [7].

В связи с вышесказанным, обращение к теме формирования «зеленой» архитектуры является актуальной и определяет перспективу дальнейшего развития современной архитектуры городов, в частности архитектуры жилых зданий.

Цель исследования - выявить и раскрыть эффективность принятых методов «зеленой» архитектуры современных жилых объектов «Зеленый квартал» и «One Central Park», в которых используемые энергоэффективные инновационные технологии, адаптированные к климатическим условиям в каждом конкретном случае, прекрасно подтверждают эффективность принятых решений, отвечающих задачам устойчивого развития рассматриваемых городов.

2. Методы

Методом изучения и сравнительного анализа энергоэффективных жилых комплексов городов Астана и Сидней показаны отличительные и схожие особенности формирования экологической среды архитектурно-градостроительного пространства. В данной работе были исследованы жилые комплексы «Зеленый квартал» и «One Central Park», в которых поиски формирования «зеленой» архитектуры, имеющие разнонаправленный характер, позволяют выявить эффективность принятых инновационных решений для перспективного развития современной архитектуры и использования материала в дальнейшей архитектурно-строительной практике и в качестве изучения дисциплин по архитектурному проектированию жилых зданий.

3. Результаты и обсуждения

Создание удобной, качественной, благоустроенной и комфортной городской среды, максимально приспособленной для жизни граждан – задача всех современных городов [8].

3.1 Жилой комплекс «Зеленый квартал».

Проект «Зеленый квартал» представила казахстанская команда специалистов холдинга VI group совместно с AEDAS (Великобритания) и AECOM (Австрия). Жилой комплекс создан по стандартам LEED. «Зеленый квартал» является одним из инновационных, амбиционных проектов в рамках комплексного подхода в создании комфортной городской среды для проживания и деятельности людей. Комплекс расположен в центре «нового города» Астаны, вблизи от таких значимых общественных объектов, как торгово-развлекательный центр «Хан-Шатыр», новое здание театра оперы и балета «Astana Opera». Земельный участок жилого комплекса составляет площадь 20,5 гектара. Такое расположение в структуре города определило функциональную насыщенность объекта общественными зонами, расположенными как на первых этажах (спортивные, офисные, торговые и досуговые помещения), так и в отдельно стоящих объемах (Рисунок 1).

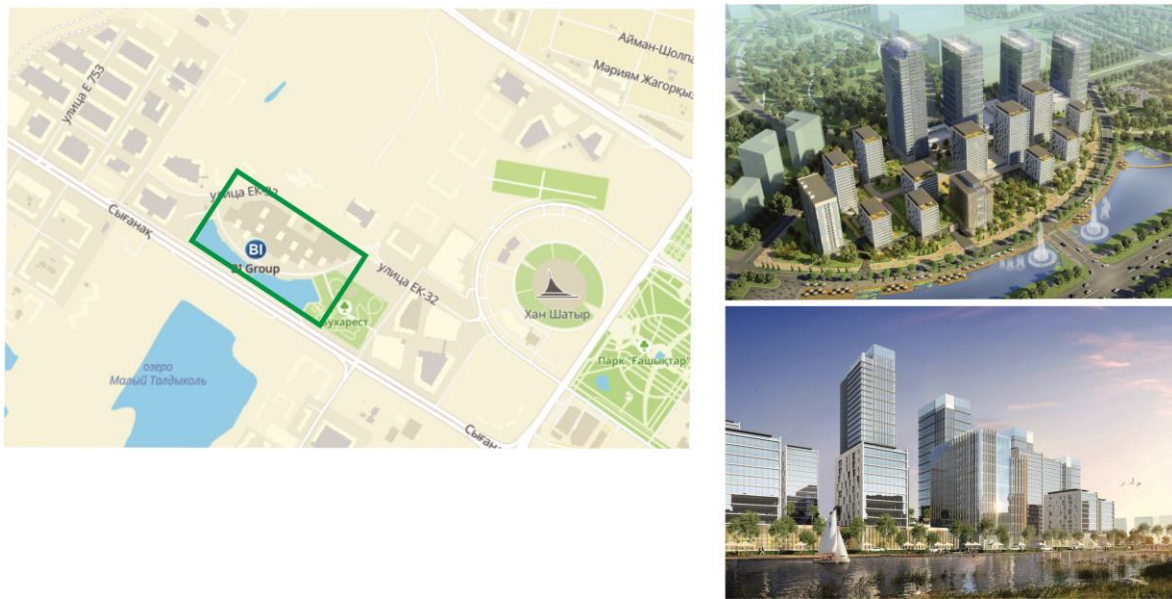


Рисунок 1. «Зеленый квартал», г. Астана, Казахстан

В жилом комплексе использованы новейшие инновационные технологии, соответствующие современным стандартам энергоэффективности и экологичности, а именно: ветрогенераторы; технология экономии воды с помощью применения специальных смесителей; система «умный дом» (видеокамеры, IP- видеодомофоны, электронный биометрический замок на входных дверях квартир и т.д.).

Что касается наружной отделки фасадов, то здесь используются экологически чистые, устойчивые к перепадам температур фасадные фиброцементные панели Knew. Фасадные панели Knew имеют слоистую структуру, состоящую из кварцевого песка, цемента, волокон целлюлозы и воды. А за счет добавления дополнительного слоя эластичных микрогранул достигается пористая структура, благодаря которой фиброцементные панели становятся влагоустойчивыми и морозостойкими. Цветовая гамма панелей достигается органическим акриловым покрытием. Завершает структуру материала самоочищающийся слой, фотокерамическое напыление, которое не позволяет оседать вредным частицам выхлопных газов, пыли. Так, лабораторные испытания [9] показали, что фасад, облицованный панелями Knew площадью в 170 кв.м., так же очищает воздух, как например, эту функцию выполняют 12 тополей.

Также при строительстве комплекса применены специальные алюминиевые стеклопакеты «Garden», способные в 2-3 раза снизить потерю тепла в помещении, учитывая продолжительный зимний сезон региона, а в жаркие летние дни отталкивать переизбыток UV лучей наружу. Эффективность данного стеклопакета намного выше обычного, т.е. благодаря его свойствам в летний и зимний сезоны поддерживается комфортная температура помещений, что позволяет экономить энергоресурсы на системе отопления и кондиционирования здания.

Правильный подбор материала ограждающих конструкций, соответствующих требованиям энергоэффективности, долговечности, устойчивости [10] и, что немаловажно, адаптированных к погодным условиям, является важным аспектом для обеспечения комфортных условий среды обитания.

«Зеленый квартал» стал одним из первых проектов по программе «Astana green city», удовлетворяющих современным стандартам «зеленой» архитектуры. Основные цели, поставленные в проекте – минимальное воздействие объекта на окружающую среду; рациональное использование имеющихся ресурсов; организация дополнительного озеленения с помощью создания зеленой эксплуатируемой кровли и озеленения территории; создание комфортного

качества среды обитания. Озеленение территории комплекса подразумевает дополнительное включение элементов природной среды - создание искусственного озера с системой фильтрации воды; ботанического сада; оранжереи, эко-ландшафта для поддержания экологического баланса территории в целом. Эффективность «зеленой» кровли, используемой в объекте, заключается в следующем: дополнительная шумоизоляция; выработка кислорода за счет поглощения зеленой углекислого газа; дополнительная защита конструкции кровли от отрицательного влияния ультрафиолетовых лучей; хорошая фильтрация от обильных осадков (Рисунок 2).



Рисунок 2. Зеленая кровля в жилом комплексе «Зеленый квартал», г. Астана, Казахстан

Снижение потребления электроэнергии в жилом комплексе составит 15-17 процентов, значительное снижение теплопотери и количество потребляемой воды - 40-60 процентов [11]. В «Зеленом квартале» установлены солнечные панели, предусмотренные для питания энергией фасадного освещения и территории комплекса, что составит экономию годового потребления электроэнергии комплекса на 2,2 млн.тг. [12].

На объекте включена система утилизации отходов, что сократит объемы отходов на 10%, а по экономии водопотребления применены специальные смесители, которые в два раза уменьшают потребление воды. Таким образом, использованные передовые инженерные технологии в «Зеленом квартале» позволят значительно снизить потребление энергоресурсов.

3.2 Жилой комплекс «One Central Park». В рамках программы по улучшению экологии города «Устойчивый Сидней 2030-2050» намечены следующие задачи: минимизировать объем выбросов в атмосферу и к 2035 году достичь нулевого уровня выбросов в окрестностях города; наращивание зеленой массы города, т.е. к 2050 году планируется увеличение зеленого покрова города до 40%; переработка воды; утилизация отходов; сократить потребление питьевой воды до 170 литров в день на человека; подключение новых сооружений для очистки сточных вод и схема оборотного водоснабжения (для садов и санузлов) в жилищной застройке; формирование общественных пространств, безопасных и комфортных в любое время суток; доступное и высококачественное жилье и т.д. [13].

Так, одним из ярких примеров «зеленой» архитектуры города Сиднея (Австралия), новаторских подходов в проектировании и строительстве жилых зданий является жилой комплекс «One Central Park», автором проекта которого является известный французский архитектор Жан Нувель. Комплекс построен в соответствии со стандартами австралийской рейтинговой системы «Patrick Blanc» (Рисунок 3).

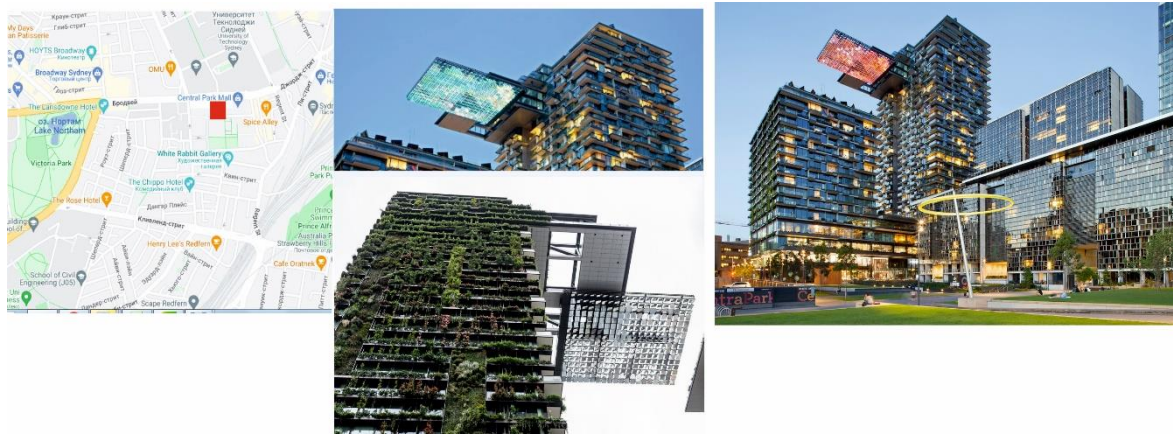


Рисунок 3. «One Central Park», г. Сидней, Австралия

Система «Patrick Blanc», основанная французским ботаником Патриком Бланком, подразумевает установку на несущей наружной стене здания вертикального сада. В основе наружного вертикального сада установка специальной конструкции – металлический каркас с закреплением на нем слоев из ПВХ и полиамидного войлока. Такой слой, пропитанный минеральным раствором с помощью системы капиллярного полива, обеспечивает необходимый рост растений. Полив растений обеспечивается сточными водами, которые получают через очистительную систему жилого комплекса, что является одно из эффективных решений существующей проблемы водоснабжения города Сиднея. Растения подбираются с учетом их способности расти в данных конструкциях и их взаимодействия друг с другом. Таким образом, система «Patrick Blanc» создает комфортные экологические условия микроклимата среды, обеспечивая ее кислородом и поглощая вредные выбросы.

Так, на основе системы «Patrick Blanc» архитектура фасадов «One Central Park» дополняется вертикальным озеленением, что ярко подчеркивает эстетику восприятия «зеленой» архитектуры и индивидуальный подход к современному решению энергоэффективности комплекса. Живые растения на фасадах, посаженные в так называемых ящиках [14], были выбраны из местных видов флоры. По замыслу авторов проекта, вертикальный сад создан как для улучшения микроклимата среды, так и для дополнительного затенения помещений. К проектированию «зеленого сада» был привлечен сам Патрик Бланк, автор системы «Patrick Blanc», являющийся одним из лучших специалистов по растениям в мире. Что касается наружной отделки фасадов, то для этого были выбраны экологически чистые материалы – ламинированное дерево и фотогальванические панели. Фотогальванические панели, помимо архитектурно-художественной выразительности и привлекательности, имеют свойство накапливать солнечную энергию для организации бесперебойного энергоснабжения объекта. В жилом комплексе также предусмотрена система «умный дом», где в каждой квартире установлена система мониторинга и отслеживания – учет потребления электроэнергии, воды и газа. Для экономии энергоресурсов в комплексе предусмотрены солнечные панели, установленные на крыше в одной из башен.

Особым аспектом привлекательности «зеленой» архитектуры «One Central Park» является инновационное решение в виде выступающих консольных плоскостей, в которых вмонтировано 320 отражателей солнечных лучей. Солнечные лучи, поступающие с вращающихся зеркальных приборов – гелиостатов, обеспечивают теплом бассейн, расположенный на одной из нижних выступающих плоскостей, и солнечным светом созданные «зеленый» сад на крыше и парковую зону комплекса (Рисунок 4).

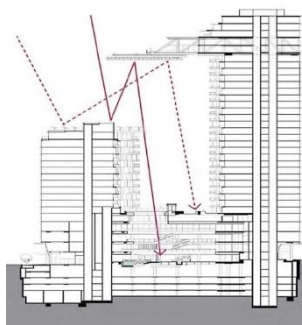


Рисунок 4. Технология работы гелиостатов с солнечными лучами для подачи тепла и освещения, «One Central Park», г. Сидней, Австралия

Зоны бассейна и «зеленого» пространства обеспечиваются круглогодично солнечным теплом и светом. В вечернее время гелиостаты-зеркала работают с лунным светом, когда из-за эффекта светового фона подчеркивается архитектурная пластика фасадов, включая вечернее освещение парковой зоны комплекса. Такое удачное решение светового дизайна выявляет особенности архитектурно-художественного образа здания, в целом целенаправленно организуя комфортное архитектурное пространство в темное время суток.

4. Выводы

В процессе изучения и сравнительного анализа «зеленой» архитектуры двух жилых комплексов, «Зеленый квартал» и «One Central Park», рассмотрения их с точки зрения неоднородных природно-климатических условий, повлиявших на ход развития и различные подходы по внедрению «зеленых» технологий, выявлены основные отличительные и схожие признаки:

Отличительные черты:

- вертикальное озеленение одного из объектов, применение которого осуществляется в более благоприятных климатических условиях;
- создание искусственного озера для поддержания особого микроклимата среды в структуре одного из объектов;
- принятые различные энергоэффективные материалы в наружной отделке фасадов «Зеленый квартал» и «One Central Park» в зависимости их устойчивости к условиям климата;
- установка дополнительной конструкции для улавливания солнечного света в одном из комплексов;

Схожие черты:

- в жилых комплексах «Зеленый квартал» и «One Central Park» эксплуатируемая кровля решена в виде зеленой крыши, экологический эффект от которой довольно существенный;
- утилизация отходов и мероприятия по сокращению потребления питьевой воды;
- разработка комфортных рекреационных пространств, прогулочных зон: зона парка и аллей в структуре комплексов;
- система «умный дом»;
- использование солнечных панелей.

Опыт применения в комплексах «Зеленый квартал» и «One Central Park» «зеленых» технологий показывает положительную динамику в создании комфортной, экологически чистой окружающей среды зданий и города в целом. Теоретическая значимость заключается в расширении знаний в области создания современной «зеленой» архитектуры, материал которого можно использовать в учебном процессе, в частности при архитектурном проектировании жилых зданий.

Список литературы

1. Формирование экоустойчивых кварталов в ряде зарубежных и региональных городов / Ибрагимов А.А., Г.А.Исабаев // Вестник Казахской головной архитектурно-строительной академии. 2020. – № 4(78). – С.40–44. DOI: <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2020.4-06>
2. Optimization of zero-energy building by multi-criteria optimization method: A case study / Neng Zhu, Xiangzhe Liu, Qi Dong, Dragan Rodrigues // Journal of Building Engineering, vol. 44, 2021, 102969. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2021.102969>
3. Блинов В.А. Архитектурно-градостроительная экология: учебник. – Екатеринбург: Архитектон, 2017. – 204 с.
4. Тетиор А.Н. Архитектурно-строительная экология. – М.: Академия, 2008. – 448 с. URL: https://academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments/fragment_18456.pdf
5. Экологический аспект в архитектуре «Марсельской жилой единицы» / Мамедов С.Э., Байдрахманова М.Г. // Вестник Казахской головной архитектурно-строительной академии. 2021. – № 1(79). – С. 98–103. DOI: <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2021.1-13>
6. Характеристика климата города Астана и их изменения за последние 90 лет / Вилесов Е.Н. // Гидрометеорология и экология. 2017. – № 3(86). – С. 7–16. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32329103>
7. Казарян Р.А. Развитие современных городов с позиции экологического подхода. Экономика строительства и природопользования, №1(78), 2021, стр. 28–34. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45803453>.
8. Аспекты формирования комфортной городской среды / Аймагамбетова З.Т., Ибраева Ж.Б. // Вестник Казахской головной архитектурно-строительной академии. 2021. – № 3(81). – С. 15–21. DOI: <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2021.3-02>
9. <https://ventfasad.by/stati/2061/>. Японский фиброцемент КМЕВ: устойчивый и разнообразный. Дата обращения 13.11.2022.
10. LCC – based framework for building envelope and structure co-design considering energy efficiency and natural hazard performance / Zhenglai Shen, Hongyu Zhou, Som Shrestha // Journal of Building Engineering, vol. 35, 2021, 102061. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2020.102061>
11. <https://archi.ru/world/58450/zelenaya-arkhitektura-nalico>. Дата обращения 09.11.2022.
12. <https://tengrinews.kz/bi-group/zelenyiy-kvartal-astane-stanet-etalonom-novogo-standarta-319276/>. Дата обращения 04.10.2022.
13. Sustainable Sydney 2030-2050. <https://www.cityofsydney.nsw.gov.au/sustainable-sydney-2030-2050>. Дата обращения 04.10.2022.
14. Природоэквивалентная архитектура в современных творческих концепциях / Павлова П.В., Голошубин В.С. // Архитектура и современные информационные технологии. 2019. – № 1(46). – С. 340–455. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37066879>.

А.А. Тойшиева¹, А.Д. Тойшиева², Д.М. Муканова¹

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

²"Azamir Time" ЖШС, Астана, Қазақстан

Тұрғын үй кешендерінің "жасыл" сәулетін қалыптастыру (Астана, Сидней мысалында)

Аңдатпа. Бұл жұмыста ғимараттардың "жасыл" архитектурасын зерттеу аясында Астана мен Сиднейдің екі ірі дамушы қаласы қарастырылады, онда авторлардың пікірінше, олардың пайда болуының бірқатар ұқсас себептеріне байланысты қоршаған ортаның ластану формалары айқын көрінеді. Бүгінгі таңда жердің ірі қалаларында қоршаған ортаның табиғи құрамдас бөлігі

айтарлықтай азайып бара жатқаны және соңғы онжылдықтарда әлемдік сәулет қауымдастығының қалалық кеңістіктің жайлы, тұрақты дамуына ықпал ететін жобалау мен құрылыстың экологиялық аспектілеріне үндеуі ерекше өзекті болып отырғаны белгілі болды. Әр түрлі қалаларда өзіндік экологиялық жағдай бар және табиғи-климаттық, әлеуметтік-экономикалық жағдайларға, құрылыс сипатына байланысты қалалық кеңістіктердің жағдайын оңтайландырудың тиімді тетіктері анықталады. Әлемдегі қолайсыз экологиялық жағдай аясында Астана және Сидней қалаларында бүгінде қоршаған ортаның сапасын қалыптастыру бағытында бағдарлар жасалуда, онда адамның табиғи ортамен үйлесімді өзара іс-қимылы мәселелерінің өзектілігі жыл сайын артып келеді. Мақалада "Зеленый квартал" және "One Central Park" тұрғын үй кешендерінің заманауи жобалары қарастырылған. Олардың салыстырмалы талдауының нәтижесінде қазіргі заманғы тұрғын үй архитектурасын одан әрі дамыту үшін объективті алғышарттар мен шешу жолдарын анықтайтын "жасыл" архитектураны құру әдістерін іздеудегі айрықша және ұқсас ерекшеліктер анықталды.

Түйін сөздер: "жасыл" сәулет, тұрғын үй кешендері, энергия тиімділігі, қоршаған орта, инновациялық технологиялар.

A. Toishiyeva¹, A. Toishiyeva², D. Mukanova¹

¹*L. N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

²*Azamir Time LLP, Astana, Kazakhstan*

Formation of "green" architecture of residential complexes (using the example of the Astana, Sydney)

Annotation: In this paper, as part of the study of the "green" architecture of buildings, two large developing cities of Astana and Sydney are considered, where, according to the authors, the most pronounced forms of environmental pollution, due to a number of similar reasons for their occurrence. Today it has become obvious that the natural component of the environment is noticeably decreasing in large cities of the Earth and the appeal of the world architectural community to the environmental aspects of design and construction, contributing to the comfortable, sustainable development of urban space, has been particularly relevant for the past decades. Different cities have their own ecological situation, and depending on the climatic, socio-economic conditions, the nature of the development, their effective mechanisms for optimizing the state of urban spaces are determined. Against the background of the unfavorable environmental situation in the world, in the cities of Astana and Sydney, guidelines are being created today in the direction of the formation of environmental quality, where the relevance of issues of harmonious human interaction with the natural environment increases every year. The article discusses modern projects of residential complexes "Green Quarter" and "One Central Park". As a result of their comparative analysis, it was possible to identify distinctive and similar features in the search for methods of creating "green" architecture, defining objective prerequisites and solutions for the further development of modern housing architecture.

Keywords: "green" architecture, residential complexes, energy efficiency, environment, innovative technologies.

References

1. Formirovanie ekoustoichivnykh kvartalov v ryade zarubezhnykh i regional'nykh gorodov / Ibragimova A.A., G.A.Isabaev // Vestnik Kazakhskoi golovnoi arkhitekturno-stroitel'noi akademii. 2020. – № 4(78). – S.40–44. DOI: <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2020.4-06>
2. Optimization of zero-energy building by multi-criteria optimization method: A case study / Neng Zhu, Xiangzhe Liu, Qi Dong, Dragan Rodrigues // Journal of Building Engineering, vol. 44, 2021, 102969. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102969>

3. Blinov V.A. Arkhitekturno-gradostroitel'naya ekologiya: uchebник. – Ekaterinburg: Arkhitekton, 2017. – 204 s.
4. Tetior A.N. Arkhitekturno-stroitel'naya ekologiya. – M.: Akademiya, 2008. – 448 s. URL: https://academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments/fragment_18456.pdf.
5. Ekologicheskii aspekt v arkhitekture «Marsel'skoi zhiloi edinitsy» / Mamedov S.E., Baidrakhmanova M.G. // Vestnik Kazakhskoi golovnoi arkhitekturno-stroitel'noi akademii. 2021. – № 1(79). – S. 98–103. DOI: <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2021.1-13>
6. Kharakteristika klimata goroda Astana i ikh izmeneniya za poslednie 90 let/ Vilesov E.N. // Gidrometereologiya i ekologiya. 2017. – № 3(86). – S. 7–16. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32329103>.
7. Kazaryan R.A. Razvitie sovremennykh gorodov s pozitsii ekologicheskogo podkhoda. Ekonomika stroitel'stva i prirodopol'zovaniya, №1(78), 2021, str. 28-34. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45803453>.
8. Aspekty formirovaniya komfortnoi gorodskoi sredy / Aimagambetova Z.T., Ibraeva Zh.B. // Vestnik Kazakhskoi golovnoi arkhitekturno-stroitel'noi akademii. 2021. – № 3(81). – S. 15–21. DOI: <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2021.3-02>
9. <https://ventfasad.by/stati/2061/>. Yaponskii fibrotsement KMEW: ustoichivyi i raznoobraznyi. Data obrashcheniya 13.11.2022.
10. LCC – based framework for building envelope and structure co-design considering energy efficiency and natural hazard performance / Zhenglai Shen, Hongyu Zhou, Som Shrestha // Journal of Building Engineering, vol. 35, 2021, 102061. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.102061>
11. <https://archi.ru/world/58450/zelenaya-arkhitektura-nalico>. Data obrashcheniya 09.11.2022.
12. <https://tengrinews.kz/bi-group/zeleniy-kvartal-astane-stanet-etalonom-novogo-standarta-319276/>. Data obrashcheniya 04.10.2022.
13. Sustainable Sydney 2030-2050. <https://www.cityofsydney.nsw.gov.au/sustainable-sydney-2030-2050>. Data obrashcheniya 04.10.2022.
14. Prirodoekvivalentnaya arkhitektura v sovremennykh tvorcheskikh kontseptsiyakh / Pavlova P.V., Goloshubin V.S. // Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii. 2019. – № 1(46). – S. 340–455. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37066879>.

Сведения об авторах:

А.А. Тойшиева – почетный архитектор РК, старший преподаватель, и.о.доцента, кафедра «Архитектура», архитектурно-строительный факультет, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

А.Д. Тойшиева – архитектор-дизайнер, ТОО «Azamir Time», пр. Аль-Фараби, 18а, Астана, Казахстан.

Д.М. Муканова – студент 5 курса, кафедра «Архитектура», архитектурно-строительный факультет, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

А.А. Тойшиева – ҚР құрметті сәулетшісі, аға оқытушы, доцент м. а., "Сәулет"кафедрасы, сәулет және құрылыс факультеті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

А.Д. Тойшиева – сәулетші-дизайнер, «Azamir Time» ЖШС, Әл-Фараби даң., 18а, Астана, Қазақстан.

Д.М. Муканова – 5 курс студенті, "Сәулет"кафедрасы, сәулет және құрылыс факультеті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

А.А. Toishiyeva – Honorary Architect of the Republic of Kazakhstan, Senior Lecturer, Acting

Associate Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Construction, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

A.D. Toishiyeva – architect-designer, «Azamir Time» LLP, 18a Al-Farabi ave., Astana, Kazakhstan.

D. Mukanova – 5th year student, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Construction, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Функциялық тюнингтің түрі ретінде жаңа трибожұптасу қолданылуы бар цилиндр-поршеньдік топты жөндеу жинағын әзірлеу

Аннотация. Бұл мақалада көлік техникасының агрегаттары үшін инновациялық жөндеу жинағының жаңа дизайны ұсынылды. Автокөліктердің түйіндеріндегі үйкелісті азайту үшін жаңа принциптер мен әсерлер қарастырылады. Жаңа шешімнің басты айырмашылығы карапайым компрессиондық поршень сақиналарының орнына серіппелі сақиналарды қолдану болып табылады. Ұсынылған шешім бойынша физикалық модель құрастырылып патент алынған. Функционалды тюнингтің негізгі мақсаты ЦПТ беріктігі мен қозғалтқыштың техникалық көрсеткіштерін арттыру болып табылады. Мақалада серіппелі сақиналардың түпнұсқасы мен жұмыс істеу принциптері көрсетілген. Алдыңғы жұмыстарда жаңа технологияның практикалық түрде іштен жану двигателіне орнатып, эксперимент нәтижесінде жаңа мәліметтер алу көзделген.

Ключевые слова: тасымалдау, тасымалдау технологиясы, трибожұптар, жаңа принциптер мен әсерлер, үйкелісті азайту, сенімділік.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-67-73

Кіріспе

Іштен жану қозғалтқышының пайдалы әсер коэффициентін (ПӘК) арттыру іштен жану двигателінің (ДЖД) ойлап табылған күнінен бастап өте өзекті әрі маңызды сұрақтардың бірі болып табыла. Мақалада ДЖД цилиндр-поршеньдік тобын функционалды жетілдіріп, жаңа технологияның енгізілуі сипатталып, қазіргі таңдағы басқа да перспективті шешімдер қарастырылған.

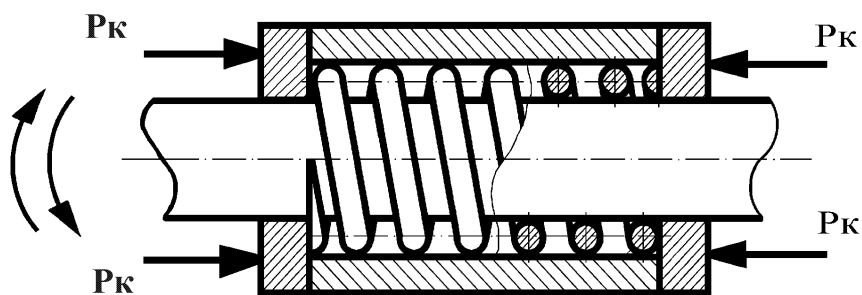
Жұмыста кері-айналмалы қозғалысқа арналған инновациялық жөндеу жинағы ұсынылған, онда трибологиялық принциптер орындалады, яғни жұмыс бетін пластикалық деформация арқылы белсендіру және тотығу процестерін басу шарттары [1, 2, 3, 4, 5].

Осы мақсатта жөндеу жинағы тербелмелі режимде тек бір бағытта күшпен айналатын және осылайша тозудың біркелкілігі мен майлау материалдарының таралуына қол жеткізілетін бұрандалы орамды серіппе (аралық элемент) түріндегі жылжымалы кірістірумен жабдықталған. Микропластикалық деформацияларға қол жеткізу үшін қажетті серіппенің кернеуі оны алдын ала жүктеу арқылы жасалады.

Тербелмелі режимде серіппелі кірістіруді бұрау немесе ағыту арқылы сәйкесінше ішкі немесе сыртқы бетінде серпімді керілу пайда болады және ол бір бағытта күшпен айналады (храповик әсері). Ұсынылған дизайндағы тотығу процестерін басуға сальникті тығыздау арқылы оңай қол жеткізіледі.

Оң нәтиже сонымен қатар үйкелістің (статикалық үйкеліс) адгезивті компонентін азайту және Н.Е. Жуковскийдің «о движении без трения» идеясын ішінара жүзеге асыру арқылы алынады, идея негізі сыртқы энергия көзін пайдаланбау болып келді (аралық тіректің айналуы).

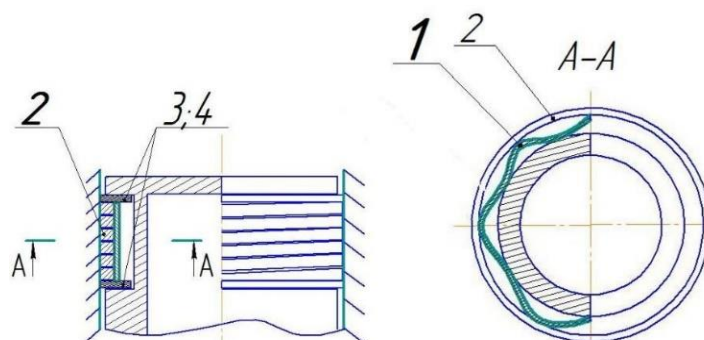
Жөндеу жинағын (Сурет 1) қардан білігінің инелі мойынтіректерінің, цилиндр-поршеньдік топ (ЦПТ), аспа втулкалары, рульдік қосылыстар және поршенді айналу режимінде жұмыс істейтін басқа топсалы тораптардың орнына пайдалануға болады.



Сурет 1. Жылжымалы серішпелі кірістіруі бар жөндеу жинағының схемасы

Авторлар тобы әзірлеген құрылғыда (Сурет 1) өнімділікті жақсарту міндеті подшипникке серпімді аралық элементті - спираль тәрізді орама серішпе түріндегі жылжымалы кірістіруді енгізу болып табылады, оның қысу күшін P_k басқару арқылы қол жеткізіледі. Бұл, жұмыс беттерінде тығыздауыш жасалады, ол тотығу процестерін және микропластикалық деформация арқылы беттің активтенуін шектеу үшін қажет.

Режимді тұрақтандыру және тозудың біркелкілігі біліктің немесе сыртқы сақинаның кері айналмалы қозғалысы кезінде серішпелі кірістірменің бұралуы немесе шешілуі салдарынан сәйкесінше ішкі немесе сыртқы беттерде тежеу пайда болуымен және серішпелі кірістіру (негізінен) жүзеге асырылады. Бұл жағдайда пайда болатын «эффекту храповика» серішпенің орамасының бағытына байланысты тек бір бағытта мәжбүрлі бұрылыстар жасалады. Сонымен қатар, жұмыс кезінде жұмыс беттеріндегі байланыс сызығы үнемі өзгеріп отырады, бұл да олардың тозуының төмендеуіне әкеледі.



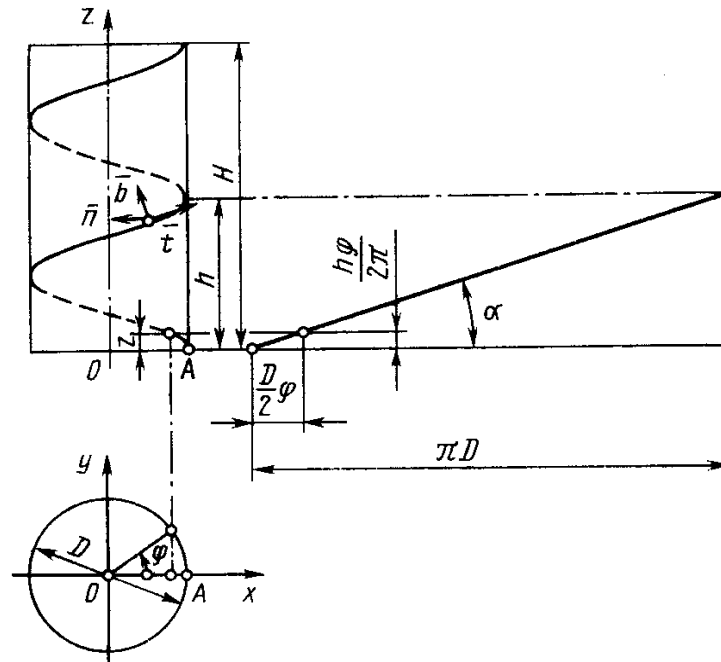
Сурет 2. Автомобиль поршөніне арналған композиттік поршеньді сақина және өнеркәсіптік компрессорлар

Әдістер

Физикалық модель жасар алдында авторлар жүйенің математикалық моделін есептеді. Серішпелі тіреуіш қабық болып табылатын цилиндрлік бұрандалы серішпе - осі генерациялаушы цилиндрдің бетінде бұрандалы сызық бойымен орналасқан арқалық. Спиральді серішпе құрайтын бұл арқалықтың осі үш тәуелсіз параметрмен анықталады, олар үшін қабылдау ыңғайлы: D - қалыптау цилиндрінің диаметрі (серішпенің орташа диаметрі); α - бұрандалы арқалық осінің көтерілу бұрышы; l - бұрандалы арқалықтың жұмыс бөлігінің осінің ұзындығы (жұмыс бұрылыстарын құрайтын негізгі бөлік). Бұл шамалар серішпенің негізгі параметрлері деп аталады.

Цилиндрлік координаталардағы сәуле осінің теңдеулері (Сурет 3)

$$x = \frac{D}{2} \cos \phi; y = \frac{D}{2} \sin \phi; z = \frac{D\phi}{2} \operatorname{tg} \alpha. \quad (1.1)$$



Сурет 3. Цилиндрлік бұрандалы серіппенің геометриялық параметрлері

z осі серіппе осіне бағытталған, x осі A нүктесінен өтеді, A нүктесі l ұзындықтың басы болып табылады. Полярлы φ бұрышын x осінен бастап санайды.

Ең үлкен полярлы бұрышты φ_i деп, $\varphi_i = 2\pi i$, мұнда i – серіппе жұмыс орамдарының саны.

$$\pi D i = \frac{D}{2} \varphi_i = l \cos \alpha, \quad (1.2)$$

болғандықтан

$$\varphi_i = \frac{2l \cos \alpha}{D} \quad (1.3)$$

Осыдан серіппенің жұмыс орамдарының саны:

$$i = \frac{l \cos \alpha}{\pi D}. \quad (1.4)$$

Бұрандалы жолақ осінің қадамы:

$$h = \pi D t g \alpha. \quad (1.5)$$

Серіппенің жұмыс бөлігінің ұзындығы:

$$H = h i, \text{ немесе } H = l \sin \alpha. \quad (1.6)$$

Нәтижелер

Бөлшектерді қалпына келтірудің жаңа әдістерін қолдану арқылы олардың беріктігін арттыру үшін автомобильдердің ЦПТ элементтерінің интерфейстерінің жаңа конструкциялары теориялық негізделген және әзірленді.

Нәтиже ретінде ұсынылып отырған шешімнің шынайы физикалық моделі жасалған. Поршеньдік тығыздағыштың одан әрі дамуы поршеньді автомобиль және өнеркәсіптік компрессорларға арналған композициялық поршеньдік сақина болды, сурет 2 және 3 [6].



Сурет 3. Жаңа дизайндағы поршеньді және поршеньді сақина жинағы бар компрессордың шатун

Бұл дизайнға ҚР №4636 пайдалы модель патенті алынды.

Поршеньдік топтың компрессия сақиналары қолданылмайтын перспективті шешімдер Victorian компаниясы бензин мен дизельдік қозғалтқыштың дизайнын болашақта үлкен өзгеріске алып келуі мүмкін технологиямен жұмыс жасап жатқаның хабарлайды. Варранамбулда орналасқан дизайн және инжинирингтік фирма Dupex поршень мен цилиндр қабырғасы арасына орнатылатын серіппелі металл поршеньдік сақинаны қолданбайтын поршеньдік дизайнды әзірледі. «Бұл технология қысу және жану саласындағы жетістіктерге әкеледі», - деді Dupex бас директоры Брайан Тригг.

Негізгі хабар мынада: жұмыс абсолютті тығыздық соншалықты маңызды емес деген гипотезаға негізделген және одан да маңыздысы - цилиндр қабырғасына поршеньдік сақиналар жасаған үйкелісті жоюға қол жеткізу, бұл тұтастай алғанда қозғалтқыш құрылысына елеулі өзгерістерге әкелуі мүмкін.

Технологияның негізі - поршень корпусындағы саңылаулар арқылы ауа қозғалысы нәтижесінде пайда болатын максималды ауа қысымын арттыру үшін шойын поршеньдік сақиналарды «виртуалды сақиналармен» ауыстыру.

Сақиналардың орнына әрбір поршеньде үстіңгі жағында жартылай шеңбер тәрізді көптеген таяз, бұрыштық ойықтар бар. Олардың арасындағы кішігірім қашықтықта поршеньдің қозғалысы жоғары жылдамдықты құйындыларды жасайды - ауа қысымын арттырады және қысу және қуат соққылары кезінде ағып кету мен жоғалуды азайту үшін поршеньдік сақиналар сияқты әрекет етеді, сурет 5.

«Бұл поршеньдер мен цилиндр қабырғасының арасында ешқандай байланыс жоқ дегенді білдіреді. Шын мәнінде, үйкелістің болмауы механизмнің майлауды қажет етпейтінін және үйкеліс жұптарында тозудың жоқтығын білдіреді », - дейді Тригг.

Сонымен қатар, жану камерасының айналасындағы «ауа жастығынын» пайда болуы отын-ауа қоспасының бағытталған қорын жасайды - инжекциялық профиль бөліктің ортасындағы қоспаны байытады және оны шетке қарай ығыстырады.



Сурет 5. Жаңа поршеньді трибожұптасуы бар қозғалтқыш

Ресейде көлік құралын пайдалану кезінде ЦПТ элементтерінің сенімділігін арттыру және жұмыс қабілеттілігін қалыпты ұстауға кететін шығынды төмендету саласындағы зерттеулер әртүрлі ғылыми және оқу орындарында, сондай-ақ бірқатар шет елдерде жүргізіледі. Дегенмен, пайдалы әсер коэффициентін (ПӘК) арттыру, қозғалтқыштың қызмет ету мерзімін арттыру, қуат көрсеткіштерін жоғарлату үшін жаңа трибожұпты қолдану жайлы басқа зерттеулердің жүргізілгені табылмады.

Біздің зерттеуіміздің объектісі - іштен жану қозғалтқышының (ІЖК) ЦПТ-ның қолдынылыс кезіндегі жұмыс істеу процестерін зерттеу. Осылайша, зерттеу тақырыбы ұсынылып отырған шешімге ғылыми негіздеме жасауға, қозғалтқыштың поршеньдік тобының элементтерінің ресурсын ұлғайтуға және поршеньдік сақиналарды пайдаланудан бас тартуға мүмкіндік беретін жаңа трибопарларды пайдалану болып табылады. Сонымен қатар, қозғалтқыштарының ЦПТ-ың жөндеу циклдарын, автомобильдерге техникалық қызмет көрсету және жөндеудің технологиялық процесін әзірлеу және енгізу көзделуде.

Бұл жағдайда цилиндршілік кеңістікті герметизациялау жұмыс температурасының барлық диапазонында үйкеліс жұбының бірдей ТКК (температуралық кеңею коэффициенті) есебінен жүзеге асырылуы керек. Бұдан, жұмыс температурасының барлық диапазонындағы трибомуфтадағы алшақтық кептелістерге әкелмеу үшін үнемі минималды және жеткілікті болып қалады. Ол үшін жең материална қатысты сызықтық кеңею коэффициенті ұқсас материалды таңдау қажет.

Қорытынды

Авторлар ұсынылған функционалды тюнинг ретінде ұсынылған жана серіппелі сақина іштен жану двигателінің баеріктігің арттыруға негізделген. Ұсынылған шешім бойынша физикалық модель құрастырылып экспериментке дайындың кезенінде тұр. Эксперимент барысында серіппелі сақиналардың беріктігің теориялық болжамдармен салыстыруға, сыртқы жүйенің оған әсерің зерттеп шешімнің қолданыс негізідемесін алу көзделеді.

Әдебиетер тізімі

1. Износ и безызносность: монография / В.Г. Куранов, А.Н. Виноградов, А.С. Денисов. Саратов. гос. техн. ун-т – Саратов, СГТУ, 2000. – 136 с.
2. Движение без трения и износа: учеб. пособие. / В.Г. Куранов, А.Н. Виноградов. Саратов. гос. техн. ун-т – Саратов: СГТУ, 2007. – 52 с.

3. Пат. 2162556 РФ МПК7 F 16 C 17/00, 33/26. Подшипник скольжения для возвратно-вращательного движения / В.Г. Куранов, А.Н. Виноградов, А.В. Бузов, Ю.А. Петров, В.А. Каракозова – № 99107058/28; Заявлено 31.03.99; Опубл. 27.01.01 // Изобретения. Полезные модели. – 2001. – №3. – С. 147.
4. Виноградов А.Н. Подшипники скольжения для возвратно-вращательного движения на основе новых трибологических принципов и эффектов / А.Н. Виноградов, В.Г. Куранов // Восстановление и упрочнение деталей машин: Межвуз. научн. сборник. Саратов. гос. техн. ун-т, – Саратов: СГТУ, 2003. – С.175–182.
5. Кушалиев Д.К. Моделирование подшипника скольжения с подвижным пружинным вкладышем для узлов транспортной техники и технологического оборудования / Д.К. Кушалиев, А.Н. Виноградов // Развитие транспорта в регионах России: проблемы и перспективы. II Всероссийской научно-практической конференции г. Киров 2012. С. 28–30.
6. Кушалиев Д.К., Виноградов А.Н., Ерманова Б.А., Коваленко М. А., Составное поршневое кольцо для двигателя внутреннего сгорания с подвижными пружинными вкладышами. Патент на полезную модель № 4636. 31.01.2020 г. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. – СПб.: Питер.Ком. – 1999. – 720 с.

Д.К. Кушалиев, Р.Б. Корабай

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

Разработка ремонтного комплекта ЦПГ с применением нового трибосопряжения как вида функционального тюнинга

Аннотация. В данной статье представлена новая конструкция инновационного ремкомплекта для автомобилей. Рассмотрены новые принципы и эффекты снижения трения в узлах транспортных средств. Основным отличием нового решения является использование пружинных колец вместо обычных компрессионных поршневых колец. По предложенному решению создана физическая модель и получен патент. Основной целью функционального тюнинга является увеличение долговечности двигателя и технических показателей двигателя. В статье описаны оригинальные пружинные кольца и принципы их работы. В процессе предварительных работ планируется установить новую технологию в практическом заезде на двигатель внутреннего сгорания и получить новые данные в результате эксперимента.

Ключевые слова: транспорт, транспортная техника, трибосопряжения, новые принципы и эффекты, снижение трения, надежность.

D. Kushaliev, R. Korabay

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

Development of a cpg repair kit with the application of a new tribo joint as a type of functional tuning

Аннотация. This article presents a new design of an innovative repair kit for vehicles. New principles and effects for reducing friction in vehicle joints are considered. The main difference of the new solution is the use of spring rings instead of ordinary compression piston rings. According to the proposed solution, a physical model was created and a patent was obtained. The main purpose of functional tuning is to increase the durability of the engine and technical indicators of the engine. The article describes the original spring rings and their working principles. In the preliminary works, it is planned to install the new technology in a practical round on an internal combustion engine and obtain new data as a result of the experiment.

Keywords: transport, transport technology, tribocouples, new principles and effects, friction reduction, reliability.

References

1. Wear and wearlessness: monograph / V.G. Kuranov, A.N. Vinogradov, A.S. Denisov. Sarat. state tech. un-t – Saratov, SGTU, 2000. – 136 p.
2. Movement without friction and wear: textbook. allowance. / V.G. Kuranov, A.N. Vinogradov. Sarat. state tech. un-t – Saratov: SGTU, 2007. – 52 p.
3. Pat. 2162556 RF MPK7 F 16 C 17/00, 33/26. Plain bearing for reciprocating rotation / V.G. Kuranov, A.N. Vinogradov, A.V. Buzov, Yu.A. Petrov, V.A. Karakozov - No. 99107058/28; Declared 03/31/99; Published 01/27/01 // Inventions. Useful models. – 2001. – No. 3. – S. 147.
4. Vinogradov A.N. Plain bearings for reciprocating rotation based on new tribological principles and effects / A.N. Vinogradov, V.G. Kuranov // Restoration and hardening of machine parts: Interuniversity. scientific collection. Sarat. state tech. un-t, – Saratov: SGTU, 2003. – P.175–182.
5. Kushaliev D.K. Modeling of a sliding bearing with a movable spring insert for units of transport equipment and technological equipment / D.K. Kushaliev, A.N. Vinogradov // Development of transport in the regions of Russia: problems and prospects. II All-Russian Scientific and Practical Conference, Kirov 2012. S. 28-30.
6. Kushaliev D.K., Vinogradov A.N., Ermanova B.A., Kovalenko M.A., Composite piston ring for an internal combustion engine with movable spring liners. Utility model patent No. 4636. January 31, 2020 Rubinshtein S.L. Fundamentals of General Psychology. – St. Petersburg: Piter.Kom. – 1999. – 720 p.

Авторлар туралы мәлімет:

Д.К. Кушалиев – техника ғылымдарының кандидаты, Ph.D. докторы, көлік, көлік техникасы және технологиялары кафедрасының доцентінің міндетін атқарушы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан.

Р.Б. Корабай – докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан.

Д.К. Кушалиев – к.т.н., Ph.D., и.о. доцента кафедры «транспорта транспортной техники и технологии», Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Астана, Казахстан.

Р.Б. Корабай – докторант, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Астана, Казахстан.

D. Kushaliev - Candidate of Technical Sciences, PhD, Acting Associate Professor of the Department of Transport, Transport Engineering and Technology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Kazhymukan str., Astana, Kazakhstan.

R. Korabay – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Kazhymukan str., Astana, Kazakhstan.

М.Т. Мурсалыкова^{1*}, М.М. Какимов², А.Л. Касенов², Б.А. Лобасенко³,
Б.М. Искаков²

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Семей, Қазақстан

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан

³Кемерово мемлекеттік университеті, Кемерово, Ресей

E-mail: *maigul_85@mail.ru, muhtarbek@mail.ru, amirzhan-1@mail.ru, baissemey@bk.ru

Мақсары майын өндіруге арналған пресс жабдығын жобалау және есептеу

Түйін. Соңғы кезде мақсары өнімдеріне деген сұраныс жылдан жылға өсуде, оған егістік алқаптарының артуы мен мақсары майын тұтынушылар арасындағы танымалдылығы. Себебі мақсары майының адам денсаулығына пайдалы жақтары өте жоғары.

Ғылыми-зерттеу жұмыстары негізінде мақсары майын өндірудің престеу жабдығы қарастырылды. Престеу қысымдарының айырмасын реттеуді шнек пен зеерлі цилиндр арасындағы саңылаулардың көмегімен іске асыру әдістемесі берілген. Осы кездегі пресс жабдығына сапалық және сандық сипаттамаларын беретін математикалық және номограммалық модель ұсынылады. Қазіргі әлемде және Қазақстан Республикасында жүргізілген зерттеулерге әдеби шолулар көрсеткендей пресс жабдығының оның ішінде шнек жабдығының қазіргі аналогтардан қағидаттық сипаттағы айырмашылықтары мен ерекшеліктеріне тоқталсақ. Қай салада болмасын шнек құрылғысы бірнеше функцияларды бір мезетте және үздіксіз атқаратындықтан кең қолданыстағы бірегей жұмыс құралы болып табылады. Сондықтан да шнек құрылғысын оның ішінде престеуші шнек құрылғысына математикалық сипат беру өтте күрделі болғандықтан әдеби шолудағы барлық еңбектерде өздерінің мақсаттық ерекшеліктеріне байланысты жекелеген шешімдермен шектелген. Яғни, қысымды реттеудің біз ұсынып отырған әдістемесіне қолдана алмаймыз. Біздің жұмыстың ерекшелігі престеуші шнек пен зеерлі цилиндрдің геометриялық конструкциясы мен шикізаттың құрылымдық-механикалық қасиеттерін ескере отырып оңтайлы қысымдар айырмасы пен өнімділікті таңдап алуға мүмкіндік беретін математикалық қана емес сонымен бірге номограммалық модельдеудің жүйесін ұсынамыз.

Түйін сөздер: жабдық, пресс, шнек, қысым реттегіш, сығу, мақсары, өсімдік майы.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-74-88

1 Кіріспе

Мақсары майы – өсімдік тектес бірегей өнім, оның химиялық құрамы оны медициналық, косметологиялық мақсаттарда, тамақ өнімдерін өндіру үшін пайдалануға мүмкіндік береді [1]. Витаминдер мен фосфолипидтердің биологиялық құндылықтары мен бай құрамын ескере отырып [2] мақсары майын өндіру қазіргі уақытта өзекті мәселе болып табылады.

Өсімдік майларын өндіру технологиясы өңделетін май шикізатына әртүрлі әсерлерді қамтиды. Технологияда механикалық процестер маңызды орын алады [3]. Өсімдік майын өндіруге негізгі тәсілдерінің бірі престеу әдісі болып табылады. Механикалық престермен майды сығуды бірнеше зерттеушілер майдың шығуын қамтамасыз ету үшін әртүрлі майлы дақылдарды қолдана отырып жүргізді [4, 5, 6, 7, 8]. Шнекті престердің жұмысының толық теориясы әлі де жоқ және оларды жасау негізінен эксперименттік зерттеулерге және эксперименттерден алынған эмпирикалық тәуелділіктерге негізделген. Бұл шнекті престердің престеу каналында престелетін шикізаттың қасиеттері өзгертіндігіне байланысты: тығыздық, өлшем және гранулометриялық

құрам, май мөлшері [9].

Ғылыми әдебиеттерде мақсары майын сығуға арналған шнекті престердің өнімділігі туралы аз ғана деректер бар және жалпы өсімдік майын сығу кезінде қысымды біркелкі бөлу үшін диафрагманы реттейтін механизмі бар жұмыс органының құрамы туралы деректер одан да аз.

Кейбір ғалымдар [10, 11, 12, 13] қысымды реттеу механизмі бар зертханалық бұрандалы престі қолдана отырып, престау процесінің эксперименттік нәтижелерін ұсынды. Пресс жабдығының бұл түрі әдетте әртүрлі шырындарды өндіру үшін қолданылады және оны өсімдік майын өндіруде қолдану іс жүзінде қолданылмайды.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, аз қуатты өндіріс жағдайында төмен және жоғары майлы дақылдардан майды сығу үшін әмбебап пресс жабдығы қажет. Біз әзірлеген эксперименттік жабдық мақсары тұқымынан майды химиялық әдістер мен экстракцияларды қолданбай бөлу процесін жеделдетуге мүмкіндік береді, оның биологиялық құндылығын сақтайды, операция аралық тасымалдау мен жұмыс күшінің шығындарын азайтады, сонымен бірге оны пайдалану тиімділігін арттырады [14, 15].

Осы тұрғыдан алғанда, бұл зерттеудің мақсаты қысымды біркелкі реттеу механизмін әзірлеу арқылы шнекті престі жетілдіру болып табылады. Бұл механизммен реттеу кезінде өнім өнімнің шыға беріс саңылауының тарылуы әсерінен пресс жабдығының камерасында қосымша қысым пайда болады.

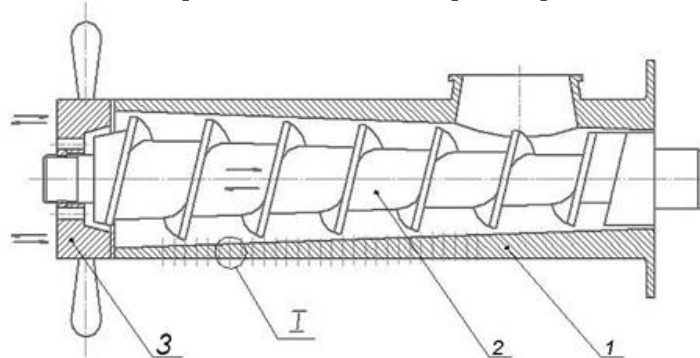
2 Материалдар мен әдістер

Престау процесін қарқындатуда зерттелетін көрсеткіштер төмендегідей тәжірибелік зерттеулердің бағыттары негізінде жүргізілді:

- престау уақытын жылдамдықтардың өзгерісі әсерінде зерттеу ($\omega = 5,2 \text{ рад/с}$; $\omega = 6,2 \text{ рад/с}$; $\omega = 6,8 \text{ рад/с}$; $\omega = 7,3 \text{ рад/с}$);

- престау қысымдарының әсерін шнек пен зеерлі цилиндрдің бастапқы және соңғы диафрагмалық саңылаулардың өзгерісі арқылы зерттеу ($\delta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $\delta = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $\delta = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $\delta = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$).

Мақсары майын алу процесін зерттеу барысында 1-суретке сәйкес аталған майлы дақылды өңдеу үшін dream Modern ODM-01 пресс жабдығының жұмыс органы жаңғыртылды.



1 – корпус; 2 – престауші шнек; 3 – қысымды реттеу механизмі;

I – конус тәрізді зеерлі цилиндрдың саңылауы

Сурет 1. Майды бөліп алуға арналған пресс жабдығының жұмыс органының сұлбасы

Тәжірибелік пресс жабдығы мынандай негізгі бөлшектермен жабдықталған: зеерлі цилиндрдан (сурет 2), цилиндрдың ішінде орналасқан конус тәрізді престауші шнектен (сурет 3) тұрады. Сонымен қатар қысым реттейтін механизммен жабдықталған.



Сурет 2. Зеерлі цилиндр



Сурет 3. Престеуші шнек

Бұл механизмде престеуші шнекті ілгері-кейінді қозғалысқа келтетіндей жасалынған. Шнекті ілгері-кейінді қозғалта отырып шнек орамының сыртқы-ішкі диаметрлерінің конус тәрізді жасалуы негізінде зеерлі цилиндрмен шенек арасындағы саңылаудың өлшемдерін тарылтамыз. Бұл жағдай әрбір орам қимасының тарылуына жағдай тудырып, шикізатқа екі жақты бүйірлі қысымның бір мезетте берілуін қамтамасыз етеді.

Қысымды реттегіш механизм - серіппеден, жаппа гайкадан, бақылау гайкасынан және екі сырғанау үштірегі мен шайбадан, резиналы нығыздағыш сақинадан тұрады (сурет 4).



а)



б)



в)



г)



д)



е)

а) қысымды реттегіш серіппе; б) жаппа гайка; в) сырғанау үштірегі; г) бақылау гайкасы; д) шайба; е) нығыздағыш сақина

Сурет 4 – Қысымды реттегіш механизм

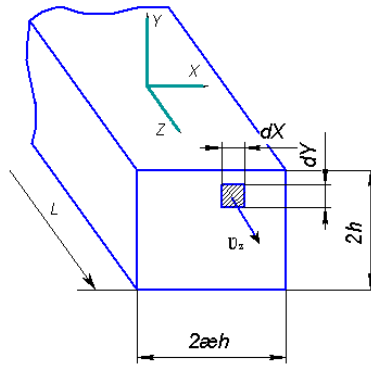
Жетілдірілген жабдықтың құрылымына қысым реттегіш механизмін кіргізу нәтижесінде, шнек пен зеерлі цилиндр арасындағы саңылаудың тұтас өзгеруін қамтамасыз ете отырып қысымның шнектің бойлық өсіне біркелкі таралуын қамтамасыз ету арқылы май бөлу процесін қарқындытып, меншікті қуат шығынын азайтуға қол жеткіземіз.

Нәтижелер мен талқылаулар

1. Қалыптаушы арнаның шығынды-арынды сипаттамасы

Ғылыми жұмыстың мақсатына сәйкес престеуші шнек пен зеерлі цилиндр арасындағы саңылауды тарылту арқылы қысымды реттеу жолын ұсынылған болатын. Яғни біздің жағдайда қалыптаушы арна ретінде престеуші шнек пен зеерлі цилиндр арасындағы саңылауды қарастырамыз.

5 суретке сәйкес ұзындығы l , қимасы тіктөртбұрышты болатын таяз емес арна үшін Пуассон теңдеуін сырғанау жағдайын ескермейтіндей шектік жағдайда қарастырсақ



Сурет 5. Тіктөртбұрышты таяз емес қалыптаушы арнаның есептік сұлбасы

$$\begin{aligned} v_z(0, y) &= 0, & v_z(w, y) &= 0; \\ v_z(x, 0) &= 0, & v_z(x, H) &= v_z. \end{aligned}$$

Шеше отырып төмендегі теңдеу алынады

$$v_z = \frac{16\chi^2 h^2 \Delta p}{\pi^2 \eta l} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)^3} \left[1 - \frac{\operatorname{ch}\left(\frac{2n+1}{2} \frac{\pi y}{\chi h}\right)}{\operatorname{ch}\left(\frac{2n+1}{2} \frac{\pi}{\chi}\right)} \right] \cos\left(\frac{2n+1}{2} \frac{\pi x}{\chi h}\right), \quad (1)$$

Көлемдік өнімділікті анықтау үшін екі еселенген интегралды есептейміз

$$Q = \int_0^H \int_0^W v_z dx dy. \quad (2)$$

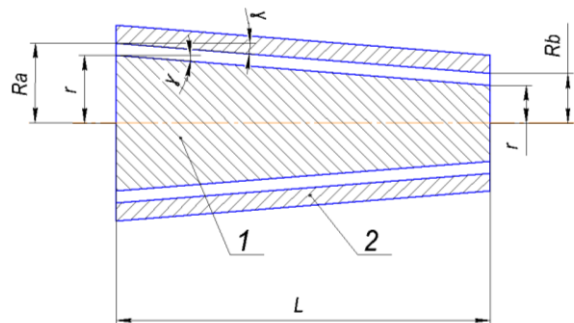
Белгілі шешім келесі түрде жазылады

$$Q_\phi = \frac{K_\phi}{\eta_{\phi}} \Delta p, \quad (3)$$

мұнда K_ϕ - қалыптаушы арнаның қима геометриясына тәуелді коэффициентті;

η_{ϕ} - масса үшін тиімді тұтқырлық, Па·с.

Біздің жағдайда 6 суретке сәйкес қалыптаушы арнаның пішіні сақиналы-конусты болып табылады.



Сурет 6. Сақиналы-конусты қалыптаушы арна

Конусты жазықтық болып табылатын аймақта соңғы көлбеулік цилиндр болып

келетіндіктен, өнімнің бастапқы және соңғы конустың диаметрлері арасынан орташа арифметикалық диаметрді аламыз, онда

$$K_{\phi} = \frac{3\pi d_a^3 d_b^3 (d_a - d_b) \cos \gamma_{\phi}}{128 l_{\phi} (d_a^3 - d_b^3)}, \quad (4)$$

мұнда $d_a=R_a+r_a$, $d_b=R_b+r_b$ - орташа диаметрлер;

$\frac{l_{\delta}}{\cos \gamma_{\delta}}$ - арнаның ұзындығы.

(3) теңдікке сәйкес матрицалы қалыптаушы арнадағы өнімділік (шығынды-арынды сипаттамасы) мына түрде анықталады, м³/с

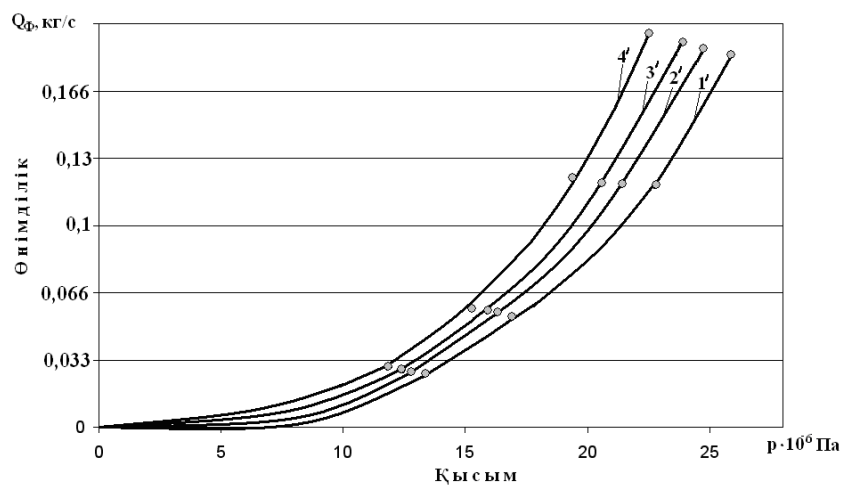
$$Q_{\phi} = \frac{3\pi d_a^3 d_b^3 (d_a - d_b) \Delta p \cos \gamma_{\phi}}{128 \eta_{\phi} l_{\phi} (d_a^3 - d_b^3)}, \quad (5)$$

мұнда Δp – матрицалы қалыптаушы құрылғыдағы қысымдар айырмасы, Па.

Орташа диаметрлерді d_a , d_b шнектің ішкі диаметрі d , арнадағы өнімнің қабатының қалыңдығы δ , конустылық бұрышы γ_{ϕ} шамалары арқылы сипаттасақ

$$d_a = d + \frac{\delta}{\cos \gamma_{\phi}}, \quad d_b = d + \frac{\delta}{\cos \gamma_{\phi}} + 2l_{\phi} \cdot \operatorname{tg} \alpha = d + \frac{(\delta + 2l_{\phi} \sin \gamma_{\phi})}{\cos \gamma_{\phi}}. \quad (6)$$

Алынған d_a , d_b мәндерін (5) теңдікке қойып қалыптаушы арнадағы Q_{ϕ} өнімділігі мен p қысымдардың δ диафрагмалық саңылаулар қабатының қалыңдығына тәуелділігі номограмма түрінде көрсетеміз. Тәуелділіктерді көрсететін көлбеулік сызық координат басынан басталады, яғни нөлдік қозғалыс кезінде. Бұл 7 суретке сәйкес номограммдан байқайтынымыз қалыптаушы қысымды реттеу механизмінің кедергісі артқан сайын өнімділігі кемитіндігі соған сәйкес қысымның артатындығын көруге болады. Номограмма көмегі негізінде математикалық моделдеудің сараптамалық жүйесі арқылы престеуші шенек пен зерлі цилиндр арасындағы саңылаулардың өзгерісіне тәуелді, майдың тиімді бөлінуі қажетті үйлесімді өнімділік (шығынды-арынды сипаттамасы) пен қысымды анықтап, таңдап алуымызға болады.



1' - $\delta=1 \cdot 10^{-3}$ м; 2' - $\delta=3 \cdot 10^{-3}$ м; 3' - $\delta=5 \cdot 10^{-3}$ м; 4' - $\delta=7 \cdot 10^{-3}$ м.

Сурет 7. Диафрагмалық саңылауларға қатысты майдың бөлінуіне қажетті үйлесімді шығынды-арынды сипаттамасы мен қысымды таңдап алудың сараптамалық жүйесі

Алынған мәндерді пайдаланып, $v_z = \pi \cdot D \cdot n \cdot \cos \alpha$ шнекті арнаның геометриялық

коэффициентін анықтаймыз

$$Мәжбүрлік ағын - \frac{\pi D \cos \alpha_{op}}{2} \cdot h \cdot \frac{(a+b)}{2} \cdot F_d \cdot \psi, \quad (7)$$

$$Қарсы ағын - \frac{(a+b) \cdot h^3}{24 \cdot l_H} \cdot F_p, \quad (8)$$

мұнда ψ - ньютондық емес массалардың ығысуын ескеретін коэффициент;

F_d, F_p - ішкі қатынастарды ескеретін формулалар коэффициенттері, сандық мәндерін кейбір оқулықтарда [16 (52 бет)] номограмма бойынша анықтаған, ал біз 1 кестеге сәйкес анықтаймыз [17 (242 бет)].

Кесте 1 - Ішкі қатынастарды ескеретін коэффициенттердің сандық мәндері

$\frac{h}{\left(\frac{a+b}{2}\right)}$	F_d	F_p	ψ	$\frac{h}{\left(\frac{a+b}{2}\right)}$	F_d	F_p	ψ
0,1	0,92	0,91	0,707	0,5	0,72	0,69	0,695
0,2	0,87	0,87	0,702	0,6	0,67	0,63	0,672
0,3	0,83	0,83	0,699	0,7	0,63	0,57	0,667
0,4	0,78	0,74	0,697	0,8	0,59	0,51	0,647

(7), (8) формулаларға сәйкес престоуші шнектің өнімділігін келесі түрде анықтаймыз, м³/с

$$Q_H = \frac{\pi D \cos \alpha \cdot h \cdot \frac{a+b}{2} \cdot F_d \cdot \psi \cdot n}{2} - \frac{\frac{a+b}{2} \cdot h^3}{12 l_H} \cdot F_p \cdot \frac{\Delta p}{\eta_{эф}} \quad (9)$$

Мұндағы $\eta_{эф}$ - масса үшін тиімді тұтқырлық, Па·с

$$\eta_{эф} = \eta_M + \frac{\theta_0}{\gamma}, \quad (10)$$

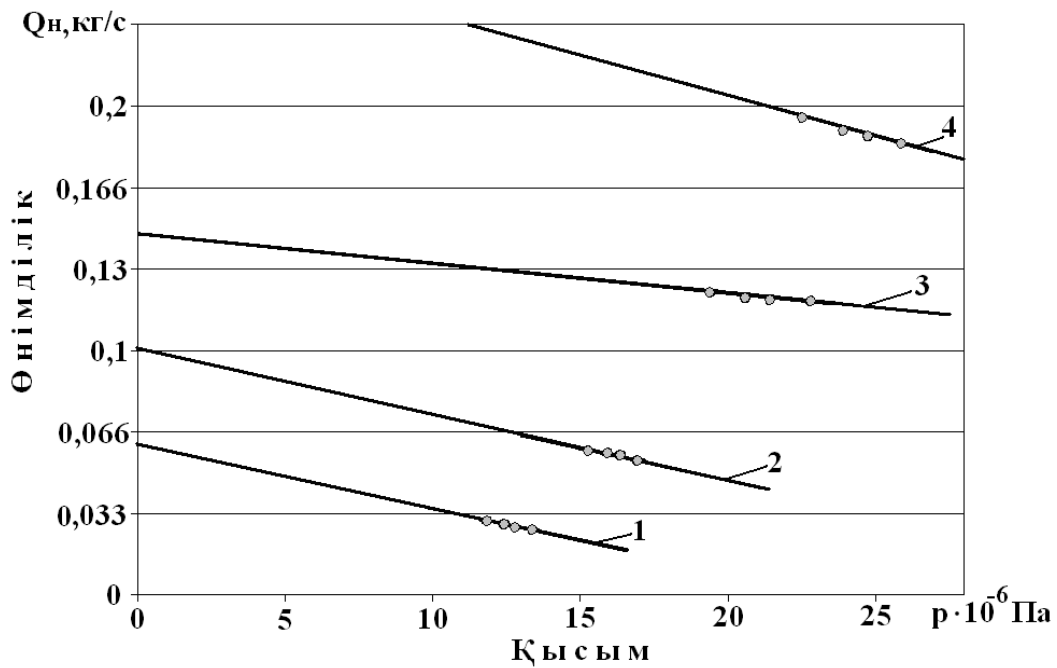
мұнда $\gamma = \frac{\pi D n}{60(D-d)}$ - ығысу кезіндегі деформация жылдамдығы, 1/с;

d - шнектің ішкі диаметрі, м;

θ_0 - шектік ығысу кернеуі. Па.

Егер престоуші шнектің геометриясынан мәжбүрлі ағынның және қарсы ағынның коэффициенттерін K_{H1}, K_{H2} белгілесек, онда шығынды-арынды сипаттамасын келесідей қысқартылған түрде жазуға болады

$$Q_H = K_{H1} n - \frac{K_{H2}}{\eta_{эф}} \Delta p \quad (11)$$



1 - $\omega=5,2$ рад/с; 2 - $\omega=6,2$ рад/с; 3 - $\omega=6,8$ рад/с; 4 - $\omega=7,3$ рад/с.

Сурет 8. Престеуші шнектің жылдамдықтарға тәуелді шығынды-арынды сипаттамасы

Бұл 8 суреттен Q_n престеуші шнектің шығынды-арынды сипаттамасынан қысымдар айырмасына Δp және шнектің айналыс жиілігіне n сызықты түрде тәуелділігін көреміз.

2. Зеерлі цилиндрдің шығынды-арынды сипаттамасы

Біздің жағдайда зеерлі цилиндрдегі саңылаулар бойлық түрде салынған. Олай болса зеерлі цилиндрдің арнасын ұсақ тіктөртбұрыш ретінде қарастыруымызға болады.

Бұндай ұсақ саңылау арналар үшін бүйір қабырғаның әсерін ескермей және біз шексіз жіңішке саңылауды қарастырып жатқандықтан, v_z x бойынша өзгермейді яғни, $\frac{\partial^2 v_z}{\partial \sigma^2} = 0$. Олай болса Пуассон теңдігі ықшамдалады

$$\frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} = -\frac{\Delta p}{\eta_{эф} l} \quad (12)$$

Осы теңдік көмегімен зеерлі цилиндрдің арнасындағы бөлініп жатқан майдың шығынды-арынды сипаттамасын табамыз.

Арнаның қабырға боймен сырғанамау мүмкіндігін шығарамыз. Осы жағдай тұрақты туынды анықтау үшін төмендегідей шектік шарттылықты қолдануға мүмкіндік береді, $y = \frac{b}{2}$

болғанда $v_z=0$, $y = -\frac{b}{2}$ болғанда $v_z=0$.

Интегралдап және шектік шарттылық орындалғанан кейін соңында төмендегі теңдікті аламыз

$$v_z = \frac{\Delta p b^2}{8 \eta_{эф} l} \left[1 - \left(\frac{2y}{b} \right)^2 \right] \quad (13)$$

Осы теңдік бойынша v_z арнаның биіктігі бойынша тұрақты болмайды. Шығынды табу үшін adv элементарлы алаңшаны координата басынан y еркін қашықтықта бөліп қарастырсақ, онда

$$dQ = v_z a dy \quad (14)$$

$$Q = \int_{-b/2}^{b/2} dQ = \int_{-b/2}^{b/2} v_z a dy \quad (15)$$

(2) теңдігінен v_z қойғаннан кейін және интегралдап

$$Q = \frac{1}{\eta_M} \frac{ab^3}{12l} \Delta p \quad (16)$$

(16) теңдігі майдың шығынының арна арқылы Δp бүйірлік қысымның айырмасына тәуелділігін береді және де майдың шығынды-арынды сипаттамасы болып табылады.

Егерде былай белгілесек

$$\frac{1}{12} \frac{ab^3}{l} = K_{3,i} \quad (17)$$

мұнда K_3 – зеерлі цилиндрлі арнаның геометриялық коэффициенті.

Олай болса, осы коэффициент арқылы майдың шығынды-арынды сипаттамасын мына түрде жазуға болады

$$Q_M = \frac{K_{3,i}}{\eta_M} \Delta p \quad (18)$$

Осы формуланың көмегімен осы зеерлі цилиндрдің бойлық саңылауларынан ағатын май ағынының көлемдік шығынын анықтасақ, m^3/c

$$Q_M = \frac{N_3 \cdot ab^3 \cdot \Delta p_i}{12l\eta_M}, \quad (19)$$

мұнда Δp_i - зеерлі цилиндрдің тесіктерінің а қиындысындағы қысымдар айырмасы, Па;

η_M - майдың тұтқырлығы, Па·с;

a - бір орам шегіндегі саңылаулардың ұзындығы, яғни шнектің қадамындағы t , м;

b - саңылаулардың ені, м;

N_3 - зеерлі цилиндр саңылауларының саны;

l - май ағатын саңылаулардың арнасының ұзындығы, яғни цилиндрдің қалыңдығы, м.

Зеерлі цилиндрдің саңылауларының a аралығындағы қысымдар айырмасын Δp_i орташа мәнмен алайық

$$\Delta p_i = i \cdot p_{op.} = i \cdot \frac{\Delta p_{r,max}}{N_0}, \quad (20)$$

мұнда $\Delta p_{r,max} = \xi \cdot \Delta p_{max}$ - радиал бас қысым, Па;

ξ - қысымның бүйірлік коэффициенті;

N_0 - шнектер арнасындағы орамдар саны;

Δp_{max} - шнектің қалыптаушы құрылғысындағы қысымдар айырмасы.

Зеерлі цилиндрдің тесіктерінен өтетін жалпы майдың көлемдік шығыны, m^3/c

$$Q_M = N_3 \cdot \sum_{i=1}^{N_0} Q_i = N_3 \cdot \sum_{i=1}^{N_0} \frac{ab^3 \cdot \Delta p_i}{12l\eta_M} = \frac{N_3 ab^3}{12l\eta_M} \cdot \sum_{i=1}^{N_0} \Delta p_i =$$

$$= \frac{N_3 ab^3}{12l\eta_M} \cdot \frac{N_0}{2} \Delta p_{r.\max} = \frac{N_0 ab^3 \cdot N_3 \cdot \Delta p_{r.\max}}{24l\eta_M} = \frac{N_3 L b^3 \Delta p}{24l\eta_M},$$

мұнда L - өс бойынша зерлі саңылаудың ұзындығы.

Престеуші шнектің бірқалыпты қозғалысы кезінде зерлі цилиндрдің тесіктерінен өтетін жалпы майдың көлемдік шығыны, м³/с

$$Q_M = \frac{N_3 ab^3}{24l\eta_M} \cdot \xi \cdot \Delta p_{\max} = \frac{N_3 ab^3 \cdot \xi}{24l} \cdot \frac{\Delta p_{\max}}{\eta_M} = K_3 \frac{\Delta p_{\max}}{\eta_M}.$$

Ал массалық шығыны, кг/с

$$m_M = Q_M \cdot \rho_M = K_3 \frac{\Delta p_{\max}}{\eta_M} \rho_M,$$

мұнда K₃ - зерлі цилиндрдің геометриялық коэффициенті, м³
 q_M - майдың тығыздығы.

фө майлылықтағы массалық өнімнің шығыны $m = Q_{II} \cdot \rho_{II}$ теңдігі арқылы өрнектесек

$$m = Q_{II} \cdot \rho_{II} = K_{II.1} \cdot n \cdot \rho_{II},$$

мұнда Q_{II} - престің шығынды-арынды сипаттамасы, м³/с

теңдіктің шарттылығының сақталуы үшін $m_M = q_0 \cdot m$ және осыған сәйкес

$$K_3 \frac{\Delta p_{\max} \cdot \rho_M}{\eta_{эф}} = q_0 \cdot Q_{II} \cdot \rho_{II}$$

Осы теңдіктен қажетті қысымды анықтаймыз, Па

$$p_{\max} = \frac{Q_{II}}{K_3} \eta_{эф} \cdot q_0 \frac{\rho_{II}}{\rho_M},$$

Сонымен, престеу барысында майды бөліп алу үшін, әрі шарттарын қанағаттандыратын қалыптаушы құрылғыда немесе шнектің бойлық өсі бойынша қысым мөлшері төмендегідей өрнекпен табылады:

$$p_{\max} = q_0 \frac{Q_{II}}{K_3} \eta_{эф}$$

мұнда q₀ – майды белгілі мөлшерде бөліп алудағы сапалық көрсеткіш.

3. Пресс жабдығының шығынды-арынды сипаттамасы

K_{н1}, K_{н2} және K_ф мәндерін (21) теңдіктерге қойып, пресс жабдығының бірінші және екінші геометриялық коэффициенттерін анықтасақ

$$K_{II.1} = \frac{K_{H.1}}{K_{H.2} + K_{\phi}},$$

$$K_{П2.} = \frac{K_{Н.1} \cdot K_{\Phi}}{K_{Н.2} + K_{\Phi}} \quad (28)$$

(27) теңдіктен (5) теңдіктегі матрицалы қалыптаушы құрылғыдағы қысымдар айырмасын анықтаймыз, P_a

$$\Delta p = K_{П.1} \cdot \eta_{эф.} \cdot n, \quad (29)$$

Осыдан пресс жабдығының жалпы өнімділігін анықтасақ, кг/с

$$Q_{П} = K_{П.2} \cdot n \cdot \rho_{П}, \quad (30)$$

мұнда $\rho_{П}$ – престелген өнімнің тығыздығы, кг/м³;

(30) теңдік престің соңындағы қысымды анықтауға мүмкіндік береді

$$p = \frac{K_{Н.1} \cdot K_{\Phi}}{K_3(K_{Н.2} + K_{\Phi})} q_{\rho} \cdot n \cdot \eta_{эф}, \quad (31)$$

мұнда $q_{\rho} = q_0 \frac{\rho_{П}}{\rho_{М}}$ - майды тиімді мөлшерде бөліп алудағы сапалық көрсеткіш.

Осы (31) теңдіктегі K_3 зеерлі цилиндрдің геометриялық коэффициенті

$$K_3 = \frac{N_3 L_3 b_3^3 \xi}{24l_3}, \quad (32)$$

b_3 – зеерлі саңылаулардың ені, м;

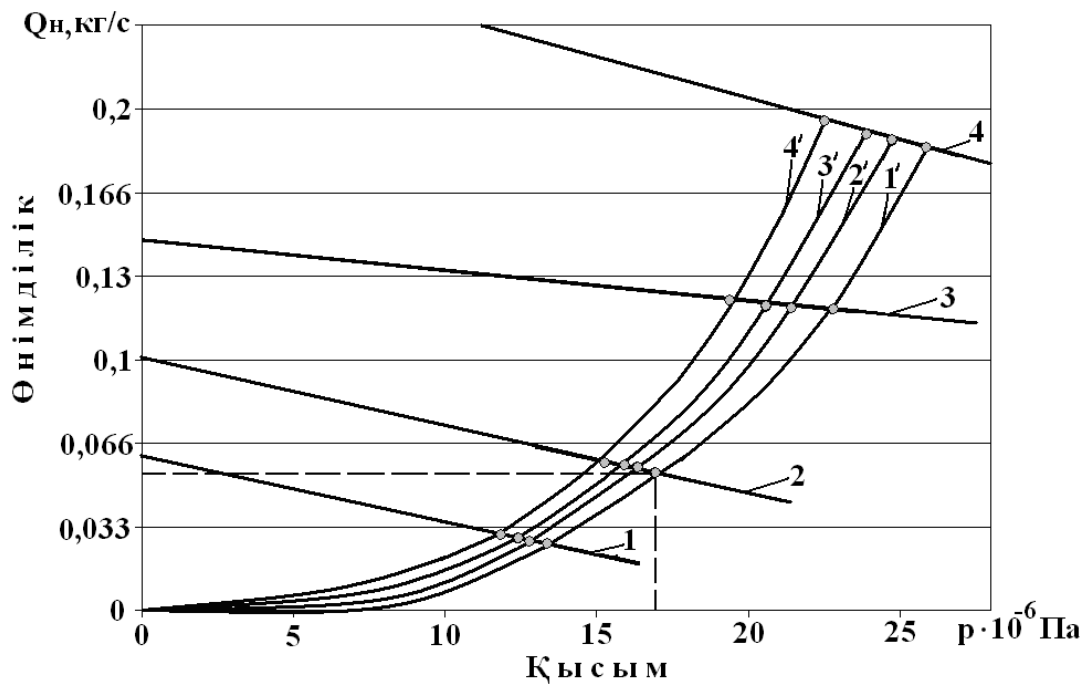
L_3 – зеерлі саңылаулардың ұзындығы, м;

l_3 - зеерлі цилиндрдің қабырғасының қалыңдығы, м;

ξ - қысымның бүйірлік коэффициенті;

N_3 - зеерлі саңылаулардың саны.

Пресс жабдығына 7, 8 суреттерге сәйкес қалыптаушы қысым беру механизмі мен жылдамдықтарды сипаттайтын номограммаларды біріктіріп, 9 суретке сәйкес көлбеулік өзгерістердің қиылыстарынан майдың тиімді бөлінуіне қажетті үйлесімді өнімділік пен қысымды таңдап аламыз.



1' - $\delta=1 \cdot 10^{-3}$ м; 2' - $\delta=3 \cdot 10^{-3}$ м; 3' - $\delta=5 \cdot 10^{-3}$ м; 4' - $\delta=7 \cdot 10^{-3}$ м;

1 - $\omega=5,2$ рад/с; 2 - $\omega=6,2$ рад/с; 3 - $\omega=6,8$ рад/с; 4 - $\omega=7,3$ рад/с.

Сурет 9 - Қалыптаушы қысым беру механизмі мен жылдамдықтарға қатысты майдың тиімді бөлінуіне қажетті өнімділік пен қысымды таңдап алудың сараптамалық жүйесі

Қалыптаушы қысым беру механизм және престоуші шнек құрылғыларына жасалған математикалық моделдеудің сараптама жүйесі, пресс жабдығының белгілі бір шеңбердегі жылдамдықтар мен қалыптаушы саңылау арасындағы байланысынан майдың тиімді бөлінуі кезіндегі өнімділік пен қысымның өзгерісін анықтауға көмектеседі.

Белгілі бір шеңбердегі жылдамдықтар мен диафрагмалық саңылау арасындағы байланысынан престоу процесінің талаптарын қанағаттандыратын, үйлесімді параметрлері $\omega=2,093$ рад/с жылдамдық пен $\delta=6 \cdot 10^{-3}$ м шнек пен зерлі цилиндрлер саңылауларның көлбеулік қиылыстарынан көрсетілген үзік сызық арқылы майдың тиімді бөлінуі кезіндегі өнімділік пен қысымды анықтадық. Тәжірибелік алынған нәтижелер мен математикалық моделдеудің сараптама жүйесінің нәтижелері арасындағы сәйкестіктерінің ауытқу мөлшері 4,6 % аспайды.

Қорытынды

Жетілдірілген жабдықтың құрылымына қысым реттегіш механизмін кіргізу нәтижесінде, конусты шнек пен конус тәрізді тордың арасындағы саңылаудың тұтас өзгеруін қамтамасыз ете отырып қысымның шнектің бойлық өсіне біркелкі таралуын қамтамасыз ету арқылы шырын бөлу процесін қарқындытып, меншікті қуат шығынын азайтуға қол жеткізуге болады. Нәтижелер көрсеткендей, жұмыс мақсаттарына сәйкес келетін оңтайлы параметрлер $\omega=2,093$ рад/с жылдамдықта және престоу процесінің талаптарын қанағаттандыратын $\delta=6 \cdot 10^{-3}$ м диафрагмалық саңылауда анықталды.

Әдебиеттер тізімі

1. Alfonso Cerrotta, Lilia Ivone Lindström and Viviana Echenique. Selection tools for oil content and fatty acid composition in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Article in Breeding Science October 2020 DOI: 10.1270/jsbbs.20053. Pages 11–20.
2. Suryakant Chakradhari, Ingus Perkons, Inga Mišina, Elise Sīpeniece, Elżbieta Radziejewska-Kubzdela,

- Anna Grygier, Magdalena Rudzińska, Khageshwar Singh Patel, Monika Radzimirska-Graczyk & Paweł Górnaś. Profiling of the bioactive components of safflower seeds and seed oil: cultivated (*Carthamus tinctorius* L.) vs. wild (*Carthamus oxyacantha* M. Bieb.). *European Food Research and Technology*, Volume 246, pages 449–459 (2020).
3. A.Chapuis, J.Blin, P.Carre, D.Lecomte. Separation efficiency and energy consumption of oil expression using a screw-press: The case of *Jatropha curcas* L. seeds. *Industrial Crops and Products* Volume 52, January 2014, Pages 752–761
4. Savoie, R. Screw Pressing Application to Oilseeds. *Reference Module in Food Science*, 2017. Pages 243–259
5. Spyridon A. Petropoulos, Angela Fernandes, Ricardo C. Calhelhab, Nikolaos Danalatos, Lillian Barros, Isabel C.F.R. Ferreirab. How extraction method affects yield, fatty acids composition and bioactive properties of cardoon seed oil? *Industrial Crops & Products*. journal homepage: www.elsevier.com/locate/indcrop. Pages 158–172
6. Natacha Rombaut, Raphaëlle Savoie, Brigitte Thomasset, Jeremie Castello. Optimization of oil yield and oil total phenolic content during grape seed cold screw pressing. January 2015. *Industrial Crops and Products* 63: p. 26-33. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.10.001
7. ErnaSubroto, Robert Manurung, Hero Jan Heeres, Antonius Augustinus Broekhuis. Mechanical extraction of oil from *Jatropha curcas* L. kernel: Effect of processing parameters. January 2015. *Industrial Crops and Products* 63: pages 303–310. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.06.018
8. Fantino V. M., Bodoira R. M., Penci M. C., Ribotta P. D., Martínez M. L. 2020. Effect of screw-press extraction process parameters on the recovery and quality of pistachio oil. *Grasas y Aceites*. 71(2): e360. DOI: 10.3989/GYA.0107191.
9. Wu C., Ge F., Zhang G., Wang G., Zhao M., Wu L., Guo H. 2021. Design of Screw Type Automatic Apple Juicer. *Journal of Physics: Conference Series*. 1750(1): 012042. DOI: 10.1088/1742-6596/1750/1/012042. pages 198–210
10. Muratzhankyzy N., Kassenov A., Kakimov M., Orynbekov D., Moldabayeva Zh., Tokhtarova S., Tokhtarov Zh. Design and Engineering calculation of a screw press for extracting juice from sea buckthorn. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. VOL. 16, NO. 8, APRIL 2021
11. Nnamdi U. B., Onyejiuwa C.T., Ogbuke C.R. 2020. Review of Orange Juice Extractor Machines. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*. 5(5): 485–492 p.
12. Какимов М.М., Жолжаксина А.Д., Паримбеков З.А., Касенов А.Л., Тохтаров Ж.Х., Орынбеков Д.Р. Шырын бөліп алуға арналған шнекті пресс. Өнертабысқа инновациялық патент сипаттамасы. *ВЗОВ 9/12* (2010.01).
13. М.Т. Мурсалыкова, М.М. Какимов, А.Л. Касенов, Б.М. Искаков. Шағын өндірістік цехтар жағдайында мақсары майын өндіруге арналған пресс жабдығын жетілдіру. Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. 2022. №1. 58–65 б.
14. М.Т. Мурсалыкова, М.М. Какимов, А.Л. Касенов, Д.Р. Орынбеков, Ж.Х. Тохтаров, Б.М. Искаков, Шағын өндірісте мақсары майын өндеуге арналған технологиялық желісі. Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ Хабаршысы. *Техникалық ғылымдар және технологиялар сериясы № 1 (138)/2022*. 59–67 б. ISSN: 2616-7263, ISSN: 2663-1261
15. Кук Г.А. Процессы и аппараты молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 768 с.
16. Федоров В.Г. Теплометрия в пищевой промышленности. – М.: Пищевая промышленность. 1974. – 176с.
17. Лифшиц А.Л., Малыц Э.А. Статистическое моделирование систем массового обслуживания. – М.: Сов. 1978. – 248с.

М.Т. Мурсалыкова¹, М.М. Какимов², А.Л. Касенов², Б.А. Лобасенко³, Б.М. Искаков²

¹Университет имени Шакарима г. Семей, Семей, Казахстан

²Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

³Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

Проектирование и расчет пресса для производства сафлорового масла

Аннотация. В последнее время спрос на сафлоровую продукцию растет из года в год, что подразумевает увеличение посевных площадей и популярность сафлорового масла среди потребителей.

В данной статье на основе научно-исследовательских работ был рассмотрен шнековый пресс для производства сафлорового масла. Дана методика регулирования разности давлений прессования с помощью зазоров между шнеком и зерным цилиндром. Предлагается математическая и номограммная модель, которая дает качественные и количественные характеристики пресса. Как показали литературные обзоры исследований, проведенных в современном мире и Республике Казахстан, следует остановиться на отличиях и особенностях пресса, в том числе принципиального характера современных аналогов шнекового оборудования. В любой отрасли шнековое устройство является уникальным рабочим инструментом широкого применения, поскольку оно одновременно и непрерывно выполняет несколько функций. Поскольку очень сложно дать математическую характеристику шнековому устройству, в том числе и прессующему шнековому устройству, во всех работах, рассмотренных при литературном обзоре, ограничиваются отдельными решениями, связанными с целевыми особенностями. Особенностью этой работы является не только математическое, но и номограммное моделирование, позволяющее подобрать оптимальные разницу давлений и производительность с учетом геометрической конструкции прессового шнека и зерного цилиндра, а также конструктивно-механических свойств сырья.

Ключевые слова: оборудование, пресс, шнек, регулятор давления, отжим, сафлор, растительное масло.

M. Mursalykova¹, M. Kakimov², L. Kassenov², B. Lobassenko³, B. Iskakov²

¹Shakarim University, Semey, Kazakhstan

²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan

³L. Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Design and calculation of a press for the production of safflower oil

Abstract. Recently, the demand for safflower products has been growing from year to year, which includes an increase in acreage and the popularity of safflower oil among consumers.

In this article, based on scientific research, a screw press for the production of safflower oil was considered. The method of regulating the pressure difference of pressing by means of gaps between the screw and the core cylinder is given. A mathematical and nomogram model is proposed, which gives qualitative and quantitative characteristics of the press. As the literature reviews of studies conducted in the modern world and the Republic of Kazakhstan have shown, we will focus on the differences and features of the press, including of a fundamental nature from modern analogues of screw equipment. In any industry, the screw device is a unique working tool of wide application, since it simultaneously and continuously performs several functions. Therefore, the mathematical nature of the screw device, including the pressing screw device, is so complex that in all works in the literary review, due to their target features, they are limited to individual solutions. A feature of the work is not only mathematical, but also nomogram modeling, which allows you to choose the optimal pressure difference and productivity, taking into account the geometric design of the press screw and the seed cylinder and the

structural and mechanical properties of raw materials.

Keywords: equipment, press, auger, pressure regulator, spin, safflower, vegetable oil.

References

1. Alfonso Cerrotta, Lilia Ivone Lindström and Viviana Echenique. Selection tools for oil content and fatty acid composition in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Article in *Breeding Science* · October 2020 DOI: 10.1270/jsbbs.20053.
2. Suryakant Chakradhari, Ingus Perkons, Inga Mišina, Elise Sipeiece, Elżbieta Radziejewska-Kubzdela, Anna Grygier, Magdalena Rudzińska, Khageshwar Singh Patel, Monika Radzimirska-Graczyk & Paweł Górnaś. Profiling of the bioactive components of safflower seeds and seed oil: cultivated (*Carthamus tinctorius* L.) vs. wild (*Carthamus oxyacantha* M. Bieb.). *European Food Research and Technology*, Volume 246, pages 449–459 (2020).
3. A. Chapuis, J. Blin, P. Carré, D. Lecomte. Separation efficiency and energy consumption of oil expression using a screw-press: The case of *Jatropha curcas* L. seeds. *Industrial Crops and Products* Volume 52, January 2014, Pages 752-761
4. Savoie, R. Screw Pressing Application to Oilseeds. Reference Module in Food Science, 2017.
5. Spyridon A. Petropoulos, Ângela Fernandesb, Ricardo C. Calhelhab, Nikolaos Danalatosc, Lillian Barrosb, Isabel C.F.R. Ferreirab. How extraction method affects yield, fatty acids composition and bioactive properties of cardoon seed oil? *Industrial Crops & Products*. journal homepage: www.elsevier.com/locate/indcrop.
6. Natacha Rombaut, Raphaëlle Savoie, Brigitte Thomasset, Jérémie Castello. Optimization of oil yield and oil total phenolic content during grape seed cold screw pressing. January 2015. *Industrial Crops and Products* 63:26-33. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.10.001
7. ErnaSubroto, Robert Manurung, Hero Jan Heeres, Antonius Augustinus Broekhuis. Mechanical extraction of oil from *Jatropha curcas* L. kernel: Effect of processing parameters. January 2015. *Industrial Crops and Products* 63:303-310. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.06.018
8. Fantino V. M., Bodoira R. M., Penci M. C., Ribotta P. D., Martínez M. L. 2020. Effect of screw-press extraction process parameters on the recovery and quality of pistachio oil. *Grasas y Aceites*. 71(2): e360. DOI: 10.3989/GYA.0107191
9. Wu C., Ge F., Zhang G., Wang G., Zhao M., Wu L., Guo H. 2021. Design of Screw Type Automatic Apple Juicer. *Journal of Physics: Conference Series*. 1750(1): 012042. DOI: 10.1088/1742-6596/1750/1/012042
10. Muratzhankyzy N., Kassenov A., Kakimov M., Orynbekov D., Moldabayeva Zh., Tokhtarova S., Tokhtarov Zh. Design and Engineering calculation of a screw press for extracting juice from sea buckthorn. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. VOL. 16, NO. 8, APRIL 2021
11. Nnamdi U. B., Onyejiuwa C.T., Ogbuke C.R. 2020. Review of Orange Juice Extractor Machines. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*. 5(5): 485-492.
12. Kakimov M., Zholtzhaksina A., Parimbekov Z., Kassenov A., Tokhtarov Zh., Orynbekov D. Screw press for juicing. An innovative patent for an invention. *A23P1/10* (2010.01), *B30B 9/12* (2010.01).
13. Mursalykova M., Kakimov M., Kassenov A., Iskakov B. Improvement of pressing equipment for the production of safflower oil under the conditions of mini-production shops. *Bulletin of Almaty Technological University*. 2022. №1. 58-65.
14. M. Mursalykova, M. Kakimov, L. Kassenov, D. Orynbekov, Zh. Tokhtarov, B. Iskakov Technological line for the production of safflower oil in a mini-production. *Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University Technical science and technology series* № 1 (138)/2022. 59-67.
15. G.A. Cook Processes and devices of the dairy industry. – M.: Food industry, 1973. – 768 p.
16. V.G. Fedorov Thermometry in the food industry. – M.: Food industry. 1974. – 176 p.
17. A.L. Lifshits, E.A. Malts. Statistical modeling of queuing systems. – M.: Sov. 1978. – 248 p.

Авторлар туралы мәліметтер:

М.Т. Мурсалыкова – «технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының докторанты, Семей қ. Шәкәрім атындағы университет, Физкультурная көш., 4, Семей, Қазақстан.

М.М. Какимов – техника ғылымдарының кандидаты, «тамақ және өңдеу өнеркәсібінің технологиясы» кафедрасының меңгерушісі, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

А.Л. Касенов – техника ғылымдарының докторы, «тамақ және өңдеу өнеркәсібінің технологиясы» кафедрасының профессор м.а., С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

Б.А. Лобасенко – техника ғылымдарының докторы, Кемерово мемлекеттік университетінің профессоры, Красная көшесі, 6, Кемерово қаласы, Ресей.

Б.М. Искаков – «тамақ және өңдеу өнеркәсібінің технологиясы» кафедрасының докторанты, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

М.Т. Мурсалыкова – докторант кафедрасы «технологическое оборудование и машиностроение», Университет имени Шакарима г. Семей, ул. Физкультурная, 4, Семей, Казахстан.

М.М. Какимов – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, пр. Жеңіс, 62, Астана, Казахстан.

А.Л. Касенов – доктор технических наук, и.о.профессора кафедрасы «технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, пр. Жеңіс 62, Астана, Казахстан.

Б.А. Лобасенко – доктор технических наук, профессор Кемеровского государственного университета, ул. Красная, 6, г. Кемерово, Российская Федерация.

Б.М. Искаков – докторант кафедрасы «технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, пр. Жеңіс, 62, Астана, Казахстан.

M. Mursalykova – doctoral student of the department "technological equipment and mechanical engineering", Shakarim University, 4 Fizkulturnaya str., Semey, Kazakhstan.

M. Kakimov – candidate of technical sciences, Head of the Department of «Food Technology and Processing Products», S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

A. Kassenov – doctor of Technical Sciences, professor of the department of «Food Technology and Processing Products», S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

B. Lobasenکو – doctor of Technical Sciences, professor, Kemerovo Technological University, 6 Krasnaya str., Kemerovo city, Russian Federation.

B. Iskakov – doctoral student of the department of «Food Technology and Processing Products», S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

Дизель қозғалтқыштарының негізгі көрсеткіштеріне аралас отынның әсерін экологиялық бағалау

Аңдатпа. Мақалада альтернативті жанармайлардың қолданыстағы түрлеріне жан - жақты талдаулар жүргізіліп, оның ішінде химиялық – физикалық қасиеттеріне терең зерттеулер жасалды. Зерттеу нәтижесінің қорытындысы бойынша диметил эфирі таңдалынды. Диметил спиртінің белгілі бір мөлшерін дизель жанармайымен араластырып және пайда болған қоспаны пайдаланған кезде қозғалтқыш жұмысын бағалау үшін сызықтық регрессия талдау әдісі қолданылды. Сызықтық регрессия коэффициенттерінің мәндерін табу техникалық есептеу мәселелерін шешуге арналған қолданбалы бағдарламалар пакетінің (MATLAB) көмегімен жүргізілді. Зерттеулер нәтижесі диметил эфирінің үштен бір бөлігін дизель отынына қосу дизельді қозғалтқыштардан шығатын қалдық газдардың көрсеткіштерін төмендету үшін ең тиімді қоспаның үлесі екенін көрсетті. Қалдық газдар көрсеткіштерінің төмендеуі экологиялық көрсеткіштердің жақсаруына алып келеді.

Түйін сөздер: статистикалық сынақ әдісі, факторлық дисперсия, түтін, азот оксиді.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-89-97

Кіріспе

Сызықтық регрессиялық талдау аралас отынның (диметил спирті мен дизель отынының қосындысы) дизель қозғалтқышының жұмысының тиімді көрсеткіштеріне және қолданылған газдардың уыттылық әсеріне толыққанды бағалау жүргізуге мүмкіндік береді. Регрессиялық талдаулар жанармай шығыны, қолданылған газдардың температурасы мен максималды қуаты үшін жасалды. Отынның толық берілуін қамтамасыз ететін режимнің моделі жасалды. Жасалған режимнің негізінде қолданылған газдардың уыттылығының модельдері құрылды. Модельдер бүркүдің басталу қысымына, бүркүдің озу бұрышына және диметил спиртінің үлесіне тікелей байланысты. Регрессиялық талдау нәтижесінде жасалынған модельдер қозғалтқыш жұмысының тиімді көрсеткіштеріне қол жеткізу және пайдаланылған газдардың уыттылығын деңгейін қажетті деңгейге дейін түсіру үшін қоспаның әртүрлі құрамымен жанармай жабдықтарының параметрлерін таңдауға мүмкіндік береді [1].

Материалдар мен әдістер

Табиғи мәндермен байланысты факторлардың кодталған мәндері (x_i) қатынастар бойынша есептеді [2]:

$$x_1 = \frac{\varphi - 20}{10}, x_2 = \frac{\theta - 10}{3}, x_3 = \frac{\varphi - 20}{10} \quad (1)$$

Кесте 1. Өзгеретін факторлар және олардың өзгеру деңгейлері

Фактор	Фактодың коды	Интервал	Өзгеру деңгейлері		
			-1	0	1

%, ДМЭ (φ)	x ₁	10	10	20	30
θ	x ₂	3	7	10	13
P _ф	x ₃	2,5	12	14,5	17

Кесте 2. Факторлардың реті

№	x ₁	x ₂	x ₃
1	0	0	0
2	1	0	0
3	-1	0	0
4	0	1	0
5	1	1	0
6	-1	1	0
7	0	-1	0
8	1	-1	0
9	-1	-1	0
10	0	0	1
11	1	0	1
12	-1	0	1
13	0	1	1
14	1	1	1

Теориялық жоспарлаудың математикалық аппараты статикалық сынау әдісі, ең аз квадраттар әдісі, регрессиялық талдау сияқты статистикалық талдау әдістеріне сүйенеді [1].

Теориялық жолмен алынған деректер келесі әдіс бойынша өңделеді. Барлық бақыланатын мәндердің орташа мәні [2]:

$$\beta = \frac{\sum_{r=1}^p \sum_{j=1}^{q_r} y_r j}{q_r} \quad (2)$$

мұндағы, r – өлшеу деңгейінің реті (r =1,2,...p);

j – әр деңгейдегі өлшеудің реті (j =1,2,...q_r);

Топтық орташаның мәні [1]:

$$\beta_r = \frac{\sum_{j=1}^{q_r} y_r j}{q_j} \quad (3)$$

Факторлық дисперсия [2]:

$$D_F = \frac{\sum_{r=1}^p (\beta_r - \beta)^2}{p - 1} \quad (4)$$

Жоспардың барлық нүктелеріндегі дисперсиялардың біркелкілігі Кохрен өлшемі бойынша жүргізіледі [2]:

$$G_r = \frac{D_{i \max}}{N \sum_{i=1}^N D_i} \quad (5)$$

мұндағы, $D_{i_{\max}}$ - үлкен сызық дисперсиясы.

Теориялық жоспарлау мәселесінің математикалық тұжырымы келесідей.

Кіріс жиынтығының параметрлері $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ мен шығыс айнымалыларымен $y = (y_1, y_2, \dots, y_p)$ сипатталатын объект бар [3].

Нысанға бұзушы факторлар $z = (z_1, z_2, \dots, z_q)$ әсер етеді. Уақыттың әртүрлі сәттерінде объект кіріс және шығыс айнымалыларын байланыстыратын тәуелділіктермен анықталатын әртүрлі күйлерде болады. Біз қарастырып отырған регрессиялық модель векторлық теңдеу түрінде жазылады [1].

Біздің жағдайда жоғарыда құрылған жоспарды ескере отырып, регрессия теңдеуі келесі түрде өрнектеледі [2]:

$$R_i = A_0 + A_1x_1 + A_{12}x_1x_2 + A_{13}x_1x_3 + A_2x_2 + A_3x_3 + A_{23}x_2x_3 + A_{11}x_1^2 + A_{22}x_2^2 + A_{33}x_3^2 \quad (6)$$

Регрессия коэффициенттері ең аз квадраттар әдісімен анықталды. Регрессия коэффициенттерінің маңыздылығын бағалау регрессия коэффициенттері үшін сенімділік аралығын құру арқылы жүзеге асырылады. Егер шарт орындалса, регрессия коэффициенттері маңызды болып саналады [4]:

$$A_i \geq A_i = t \frac{D_y}{\sqrt{N}}, \quad (7)$$

мұндағы, t - Стюдент критерийі

Нәтежелерді математикалық модельмен ұсынудың жеткіліктілігін бағалау Фишер критерийі арқылы жүзеге асырылады [2]:

$$F_r = \frac{D_{ad}}{D_y} \quad (8)$$

мұндағы, D_{ad} - жеткіліктілік дисперсиясы;

D_y - репродуктивтілік дисперсиясы.

Осылайша, статистикалық маңызды емес коэффициенттерді алып тастағаннан кейін, құрастырылған модельдер келесі түрге ие болады [2]:

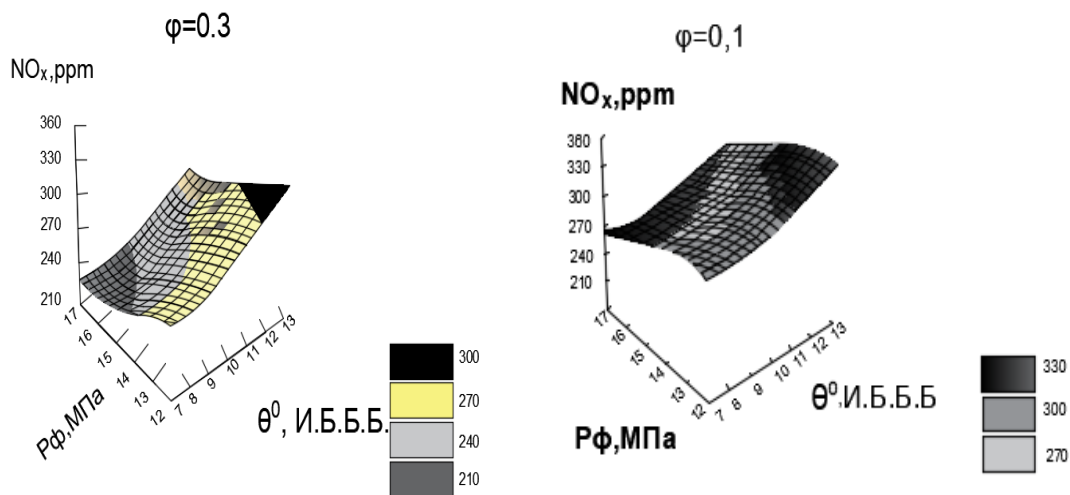
$$T_{or}(^{\circ}C) = 594.009 - 31,546x_1 + 20,192x_2 - 38,974x_3 + 6,538x_1x_2 + 16,059x_2^2 - 7,852x_3 \quad (9)$$

Алынған модельден шығатын газдардың температура деңгейі қоспадағы диметил эфирінің құрамына байланысты болатындығын көруге болады [1].

Есептеулер нәтежесі мен регрессиялық талдау нәтежесінде алынған модельден шығатын газдардың температура деңгейі қоспадағы диметил спиртінің құрамына тікелей байланысты екенін көрсетті. Дизель отынына қосатын диметил спиртінің үлесі артқан сайын температура режимі төмендей береді. Азот оксидінің шығарындыларының деңгейі мен түзілу механизмінің термиялық сипатта болуы қолданылған газдардың цикл температурасының деңгейін көрсетеді және өз кезегінде циклдің температурасына байланысты екенін ескеретін болсақ, регрессиялық талдау пайдаланылған газдардың температурасымен бірдей деңгейде деп болжам жасауға болады. Статистикалық елеусіз регрессия коэффициенттерін алып тастағаннан кейін модель келесі түрде өрнектеледі [2]:

$$NO_x (ppm) = 304.35 - 19.061x_1 + 21.441x_2 - 29.113x_3 + 5.067x_1x_2 - 28.836x_2^2 + 12.452x_3^2 \quad (10)$$

Жоғарыда көрсетілген модель NO_x шығарындыларының деңгейі көп жағдайда аралас отынның құрамына және циклдің температурасына тікелей байланысты. Бұл ретте азот оксидтерінің шығарындыларына (регрессиялық іріктеу коэффициенттеріне сәйкес) отындағы диметил эфирінің жоғары үлесі θ қарағанда Рф тиімді ықпал етеді [5].

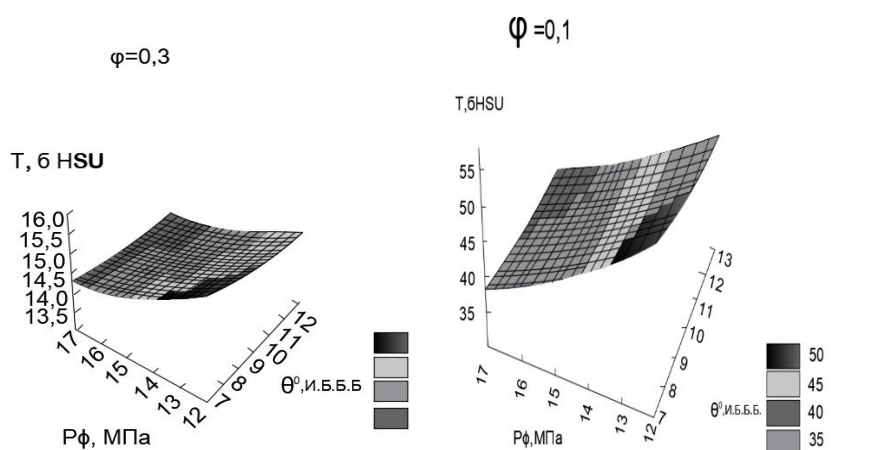


Сурет 1. Иінді біліктің бұрылу бұрышына және қысымға байланысты NO_x шығарындылары

1 суретте көрсетілген беттік деректерден диметил эфирінің үлесінің артуымен сәйкесінше температураның төмендейтіндігін байқаймыз. Штаттық реттеулерде азот оксидтерінің шығарындылары: $NO_x = (\varphi = 0,1; \theta = 11,5^\circ \text{ иббб}; P_\varphi = 15 \text{ МПа}) = 300 \text{ ppm}$; $NO_x = (\varphi = 0; \theta = 11,5^\circ \text{ иббб}; P_\varphi = 15 \text{ МПа}) = 266 \text{ ppm}$; Бұдан шығатын штаттық реттеулер кезінде азот шығарындыларының деңгейін 8 – 21 % - 5 – ға дейін төмендетуге болады[6].

Пайдаланылған газдардың түтіні келесідей өрнектеледі [2]:

$$T(\delta HSU) = 26.526 - 13.816x_1 + 1.908x_2 - 4.12x_3 + 1.586x_1x_2 - 3.62x_1x_3 + 0,3x_2x_3 + 0.793x_1^2 + 0.643x_2^2 + 1.245x_3^2 - 0.314x_1x_2x_3 \quad (11)$$



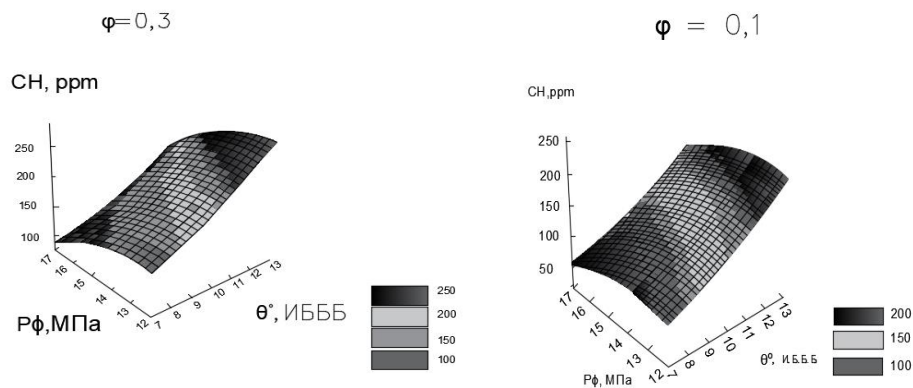
Сурет 2. Бұркүдің озу бұрышына және қысымға қоданылған газдардың түтінділігінің тәуелділігі

Диметил спиртін дизель жанармайына қосу газдардың түтіндеу деңгейін күрт төмендететінін регрессиялық тәуелділік пен алынған беттерге анализ жасау арқылы байқауға болады. Дизель отыны бойынша штаттық реттеулер кезінде пайдаланылған газдардың түтіндігі:

отын 30% ДМЭ – $T = 14,13 \text{ бHSU}$, 10% ДМЭ = $T = 37,5 \text{ бHSU}$, таза дизель отыны кезінде $T = 40 \text{ бHSU}$ тең [1]. Осылайша, отын аппаратурасын штаттық реттеу кезінде, аралас отынды пайдалану кезінде, дизель отынындағы қозғалтқыштың жұмысымен салыстырғанда пайдаланылған газдардың түтіндену көрсеткішінің шамасын 64,4% - ға (30% ДМЭ кезінде) және 6,5% - ға (10% ДМЭ кезінде) төмендеуін алуға болады [1].

Пайдаланылған газдардан шығатын СН шығарындылары келесі түрде сипатталады[2]:

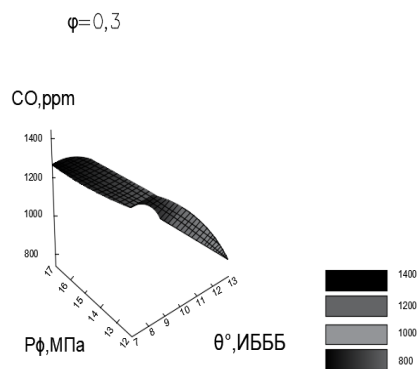
$$CH(ppm) = 162.384 - 23.219x_1 + 53.893x_2 - 32.145x_3 + 3.216x_1x_2 - 10.417x_1x_3 + 8.517x_2x_3 + 5.097x_1^2 + 12.307x_2^2 + 17.813x_3^2 \quad (12)$$



Сурет 3. Көміртек шығарындыларының бүркүдің озу бұрышына және қысымға тәуелділігі

Пайдаланылған газдары бар СО шығарындылары мынадай өрнектермен сипатталады [2]:

$$CO(ppm) = 1197.67 - 33.899x_1 + 223.002x_2 - 55.158x_3 + 41.67x_1x_2 - 4.936x_1x_3 + 9.1x_2x_3 + 17.758x_1^2 + 115.749x_2^2 + 11.33x_3^2 \quad (13)$$



Сурет 4. Көміртек оксидінің шығарындыларының бүркүдің озу бұрышына және қысымға тәуелділігі

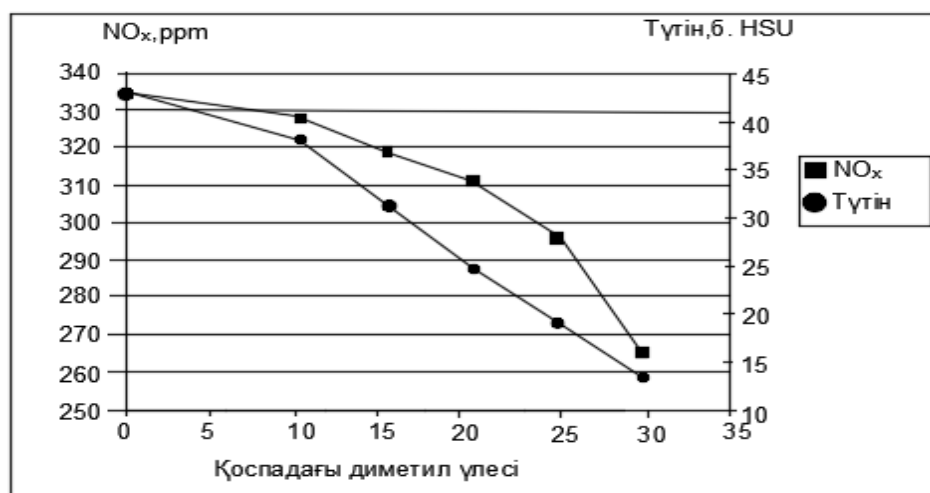
Зерттеулер мен талдау нәтижелері аралас отынды қолданғанда пайдаланылған газдардың құрамындағы көміртек және көміртек оксидтерінің шығарындыларының деңгейі дизель отынымен жұмыс кезінде бөлінетін мөлшермен салыстырғанға қарағанда біршама жоғары екенін көрсетті. Сонымен штаттық реттеулерде СН шығарындылары мыналарды құрайды: $CH = (\varphi = 0,1; \theta = 11,5 \text{ и.б.б.б. ; } P_\varphi = 15 \text{ МПа}) = 160 \text{ ppm}$, $CH = (\varphi = 0,3; \theta = 11,5 \text{ и.б.б.б. ; } P_\varphi = 15 \text{ МПа}) = 199 \text{ ppm}$. СН деңгейінің көтерілуі тиісінше 18% және 26,7% - ға күтіледі [1].

Штаттық реттеулер кезінде СО бойынша ұқсас көркіштер: $CO = (\varphi = 0,1; \theta = 11,5 \text{ и.б.б.б. ; } P_\varphi = 15 \text{ МПа}) = 1118 \text{ ppm}$, $CO = (\varphi = 0,3; \theta = 11,5 \text{ и.б.б.б. ; } P_\varphi = 15 \text{ МПа}) = 1012 \text{ ppm}$. Осылайша 10 % ДМЭ қоспасы кезінде СО 1,5 % артады да, ал 30 % ДМЭ кезінде 2 % - ға төмендейді [1].

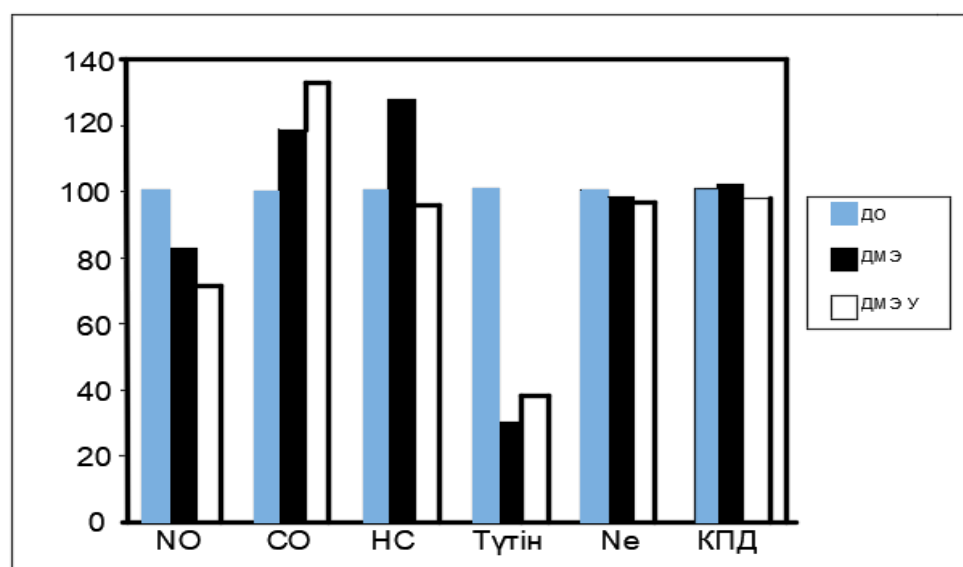
Экономикалық тұрғыдан қарастыратын болсақ диметил эфирін дизель отынына қосу тиімді. Бұл көрініс құрамында 30% - ға дейін ДМЭ бар қоспалар кезінде байқалады, ал 30% - дан асатын болса дизельдің қуаттылығы мен экономикалық көрсеткіштері күрт төмендейді [1].

Нәтежелер мен талқылаулар

Сызықтық регрессиялық модельдеу мен тәуелділіктер дизельді қозғалтқыштың тиімді көрсеткіштерінің өзгеруіне, диметил эфирінің үлесіне, иінді біліктің бұрылу бұрышы мен қысымына байланысты экологиялық сипаттмаларын және отын аппаратурасының параметрлерін бағалауға мүмкіндік береді. Осындай нәтежеге жету үшін отыз пайыз диметил эфирін қолданған жеткілікті. Диметил эфирін қолданудың тағы бір артықшылығы, пайдаланылған газдардан шығатын түтіндердің мөлшерін төмендетеді.



Сурет 5. Аралас отынның экологиялық көрсеткіштерге әсері



Сурет 6. Дизель отыны мен аралас отынның салыстырмалы көрсеткіштері

Қорытынды

Сызықтық регрессиялық модельдеу мен тәуелділіктер дизельді қозғалтқыштың тиімді көрсеткіштерінің өзгеруіне, диметил эфирінің үлесіне, иінді біліктің бұрылу бұрышы мен қысымына байланысты экологиялық сипаттмаларын және отын аппаратурасының

параметрлерін бағалауға мүмкіндік береді. Диметил эфирін дизель отынына енгізу экологиялық көрсеткіштерді жақсартады. Диметил эфирінің отыз пайызын дизель отынына қосқан кезде түгінділік үш есеге, ал азот оксидтері он сегіз есеге кемиді. Сонымен қатар жоғарыда аталған диметил эфирінің үлесін қосу қозғалтқыш құрылысын өзгертуді қажет етпейді, ал бұл өз кезегінде тиімді көрсеткіштердің өзгермейтіндігін көрсетеді. Қолданылған тәсіл дизельдің экологиялық жағдайын жақсартады, қайта жабдықтауды қажет етпейді, шикізат базасын ұлғайтуға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Торбекова С.О. Баламалы энергия көздерін пайдалану арқылы дизельді қозғалтқыштың экологиялық көрсеткіштерін жақсарту. Магистрлік диссертация/ Нұр-Сұлтан., ЕҰУ, 2021.
2. Kapus P., Cartellieri W. ULEV Potential of a DI/TCI Diesel Passenger Car Engine Operated on Dimethyl Ether // SAE Paper 952754. 1995.11 p.
3. Акобия Ш.Е. Перспективы снижения вредных выбросов при применении диметилэфира / Ш.Е.Акобия, Т.Н.Смирнова // Грузовик и автобус, троллейбус, трамвай. – 1999. – №2. – С.27–29.
4. Батурын С.А. Физические основы и математическое моделирование процессов сажевыделения и теплового выделения: автореф. докт. дис/ С.А.Батурын – Л.: ЛИИ, 1982. – 35С.
5. Ишханян А.Э. Улучшение экологических показателей дизелей путем использования в качестве топлива диметилового эфира: дисс. кан. техн. наук./А.Э.Ишханян -М., МАДИ (ТУ), 2004.
6. Математическое моделирование и исследование процессов в ДВС: Учебное пособие / под ред. В.А.Вагнера, П.А.Иващенко, В.Ю.Русакова.- Барнаул.: Изд-во АлтГТУ, 1997. – 203С.
7. Zheng, Q. One-pot post-treatment of NaY zeolites with different SiO₂ /Al₂O₃ ratios: Its effect on pore structure and acidity of the resulted USY zeolite. Petroleum Science Bulletin. 2022. 7(4), с. 604–612
8. Asabin, V.V., Roslyakov, A.D., Lazarev, E.A., (...), Erzamaev, M.P., Petukhov, S.A. The use of ethanol in diesel engines. 2022. AIP Conference Proceedings 2762,020003.
9. Zhang, Y., Lou, D., Tan, P., Hu, Z., Fang, L. Effects of waste-cooking-oil biodiesel blends on diesel vehicle emissions and their reducing characteristics with exhaust after-treatment system. 2022. Journal of Cleaner Production 381,135190.
10. Tarigonda, H., Gangula, V.R., Ratnaraju, P., Doddipalli, R.R., Krupakaran, R.L. Effect of TBC, Turbocharger and EGR on the Performance of Diesel Engine Using Biodiesel. 2022. SAE Technical Papers.

А.А. Каражанов¹, Ж.Р. Алипбаев¹, У.Ш. Кокаев¹, А.Б. Забиева¹, С.О. Торбекова²

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

²Высший колледж транспорта и коммуникаций, Астана, Казахстан

Экологическая оценка влияния смесового топлива на основные показатели дизельных двигателей

Аннотация. В статье проведен всесторонний анализ существующих видов альтернативных топлив, в том числе углубленных исследований химико- физических свойств. По итогам исследования был выбран диметиловый эфир. При смешивании определенного количества диметилового спирта с дизельным топливом и использовании образующейся смеси для оценки работы двигателя использовался метод анализа линейной регрессии. Нахождение значений коэффициентов линейной регрессии проводилось с помощью пакета прикладных программ (MATLAB) для решения задач технического расчета. Исследования показали, что добавление одной трети диметилового эфира в дизельное топливо является наиболее эффективной добавкой для снижения показателей остаточных газов, выбрасываемых дизельными двигателями. Снижение показателей остаточных газов приводит к улучшению экологических показателей.

Ключевые слова: метод статистических испытаний, факторная дисперсия, дымность, оксид азота.

A. Karazhanov¹, Zh. Alipbayev¹, U. Kokaev¹, A. Zabieva¹, S.Torebekova²

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

²Graduate College of Transport and Communications, Astana, Kazakhstan

Environmental assessment of the impact of mixed fuel on the main indicators of diesel engines

Abstract. The article provides a comprehensive analysis of existing types of alternative fuels, including in-depth studies of chemical and physical properties. According to the results of the study, dimethyl ether was selected. When mixing a certain amount of dimethyl alcohol with diesel fuel and using the resulting mixture to evaluate engine performance, a linear regression analysis method was used. Finding the values of linear regression coefficients was carried out using an application software package (MATLAB) to solve technical calculation problems. Studies have shown that the addition of one third of dimethyl ether to diesel fuel is the most effective additive for reducing the residual gases emitted by diesel engines. A decrease in the indicators of residual gases leads to an improvement in environmental indicators.

Keywords: statistical test method, factor dispersion, smokiness, nitric oxide.

References

1. S.Torebekova. Improving the environmental performance of a diesel engine using alternative energy sources. Master's dissertation / Nur-Sultan., ENU, 2021.
2. Kapus P., Cartellieri W. ULEV Potential of a DI/TCI Diesel Passenger Car Engine Operated on Dimethyl Ether // SAE Paper 952754. 1995.11 p.
3. Akobia Sh.E. Prospects for reducing harmful emissions by using dimethylether / Sh.E.Akobia, T.N.Smirnova // Truck and bus, trolleybus, tram. – 1999. – №2. 27–29 p.
4. Baturin S.A. Physical foundations and mathematical modeling of the processes of soot emission and thermal emission: abstract of doctoral dissertation / S.A. Baturin – L.: LII, 1982. – 35 p.
5. Ishkhanyan A.E. Improving the environmental performance of diesel engines by using dimethyl ether as a fuel: diss. can. tech. Sciences. / A.E. Ishkhanyan – M., MADI (TU), 2004.
6. Matematicheskoye modelirovaniye i issledovaniye protsessov v DVS: Uchebnoye posobiye / pod red. V.A.Vagnera, P.A.Ivashchenko, V.YU.Rusakova. – Barnaul.: Izd-vo AltGTU, 1997. – 203 p.
7. Zheng, Q. One-pot post-treatment of NaY zeolites with different SiO₂ / Al₂O₃ ratios: Its effect on pore structure and acidity of the resulted USY zeolite. Petroleum Science Bulletin. 2022. 7(4), c. 604–612
8. Asabin, V.V., Roslyakov, A.D., Lazarev, E.A., (...), Erzamaev, M.P., Petukhov, S.A. The use of ethanol in diesel engines. 2022. AIP Conference Proceedings 2762,020003.
9. Zhang, Y., Lou, D., Tan, P., Hu, Z., Fang, L. Effects of waste-cooking-oil biodiesel blends on diesel vehicle emissions and their reducing characteristics with exhaust after-treatment system. 2022. Journal of Cleaner Production 381,135190.
10. Tarigonda, H., Gangula, V.R., Ratnaraju, P., Doddipalli, R.R., Krupakaran, R.L. Effect of TBC, Turbocharger and EGR on the Performance of Diesel Engine Using Biodiesel. 2022. SAE Technical Papers.

Авторлар туралы мәлімет:

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

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

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

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

С.О. Торбекова – техника ғылымдарының магистрі, Жоғары көлік және коммуникация колледжі, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

A. Karazhanov – candidate of technical sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Zh. Alipbayev – candidate of technical sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

U. Kokaev – candidate of technical sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

A. Zabiava – candidate of technical sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

S. Torebekova – master of technical sciences, Higher College of Transport and Communications, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

A comprehensive approach to concrete strength testing: combining destructive, non-destructive and wireless sensor methods

Abstract. To assess the condition of the structures of buildings and structures it is necessary to perform a comprehensive analysis of the factors affecting their performance characteristics - concrete strength, thermal conductivity and humidity of concrete, frost resistance, and water resistance. However, with a variety of controllable parameters the control of concrete strength takes a special place because the main factor of structure condition estimation is the correspondence of actual concrete strength to the design requirements. The paper presented the basic methods of concrete strength control which are used while examining the constructions of buildings and structures. The results of the experiments comparing the data obtained by destructive, non-destructive, and alternative methods were investigated. A wireless sensor of concrete strength, produced in Kazakhstan, was used when carrying out the tests with the use of smart technology. And the graphical quantitative-qualitative method "web" used by the authors allowed to determine and identify the features of each method.

Keywords: concrete, strength, samples, test, monitoring.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-98-106

1. Introduction

Concrete strength is one of the most frequently monitored parameters during the construction and inspection of reinforced concrete structures. The strength characteristics of concrete determine the reliability and durability of structures. There are many control methods used in practice. To obtain qualitative results from concrete strength testing, it is necessary to thoroughly study the features and order of application of various techniques.

Thus, the authors [1] note the control of concrete strength by combined methods. In-situ tests of concrete of monolithic columns having close terms of strength gain are carried out by non-destructive methods, including the method of tearing off with shear (OMSH-1), ultrasonic pulse method (IPS-MG4), and a combined method. Field tests have shown that in some cases acceptable for practice the accuracy of concrete strength control of the design classes of strength C20/25-C30/45 can be obtained based on standardized test methods without using the procedure of correction of their graduation dependencies.

In the research work [2] the core strength test according to the European standards is presented and the European methods of concrete compressive strength estimation in building constructions are considered. The purpose of this study was to obtain important information about the quality of concrete, the type of aggregate, its granularity, and the structure of concrete and to identify any defects within the structure. One of the most promising nondestructive testing measurements that can be applied to verify the quality of concrete in existing structures appears to be the shear tear-off method, particularly CAPO-TEST. Studies have proven that shear-bar method measurements provide an accurate assessment of the strength directly in the structure.

The authors considered [3] the problems of reliability of concrete strength estimation by non-destructive methods. In the course of the work, the classification of methods of concrete strength

estimation has been considered. The advantages and disadvantages of direct and indirect methods of strength estimation have been analyzed. Graduation dependences linking actual compressive strength of concrete and indirect strength characteristics by non-destructive methods which use impact energy and speed of ultrasound as indirect characteristics have been built and corrected. The authors concluded that more reliable results are the data obtained by an ultrasonic non-destructive method using the device Pulsar-1.1. In the research work [4], the analysis and evaluation of methods for determining the strength of concrete for additive technology. The purpose of the study is to substantiate and develop a method for determining the strength of concrete as applied to 3D-printing technology. The authors have proposed and investigated the methods of forming and preparing samples to determine the strength of the cured concrete mixture as applied to additive technology in three ways.

Based on the experimental studies [5], an algorithm for nondestructive control of concrete strength by the parameters of the electrical response to elastic shock excitation has been developed. The research was carried out by means of a laboratory complex, allowing to make pulse mechanical excitation of materials and registration of an electric signal. Impulse mechanical excitation of samples was carried out with the help of an electromechanical shock device, with the normalized force of impact. The studies have shown that the proposed generalized amplitude-independent parameter for nondestructive strength control using the phenomenon of mechanical-electrical transformations gives significantly higher accuracy of strength prediction in comparison with the standard mechanical method. The error of strength determined using the proposed algorithm is 9% for heavy concrete.

2. Methods and materials

This study examines the features of the methods of determining the strength of concrete: the destructive method (press), the non-destructive method (ultrasound device), and the alternative method (sensors maturity). Tests to determine the strength of concrete by the destructive method of the press and the ultrasonic device are conducted in accordance with GOST 28570-90 [6]. This standard regulates the methods of determining the strength of concrete in precast and monolithic concrete and reinforced concrete structures and products, taking samples from structures, and making control samples from these samples. GOST 10180-2012 [7] methods of determining the strength of reference samples are distributed to concretes of all kinds, used in all areas of construction, and established methods for determining the breaking strength of short-term static tests of specially referred concrete samples. Determining the strength of concrete in accordance with this standard consists of measuring the minimum force, destroying the specially made control samples of concrete under their static loading at a constant rate of increase of load, and the subsequent calculation of stress under these conditions.

The test algorithm for the destructive method is presented in Figure 1.

The ability of concrete to effectively resist external influences due to internal stress is directly related to the cement grade and the constituent components of the mortar. When checking the concrete for compliance with the specified grade, the examined sample should be free of deformations, fractures, delamination, and cracks [8].

A great influence on the strength of the concrete being tested, have an external environment in which the pouring and hardening of concrete. The strength is also significantly increased using vibration, which removes air bubbles from the monolith, making it denser [8].

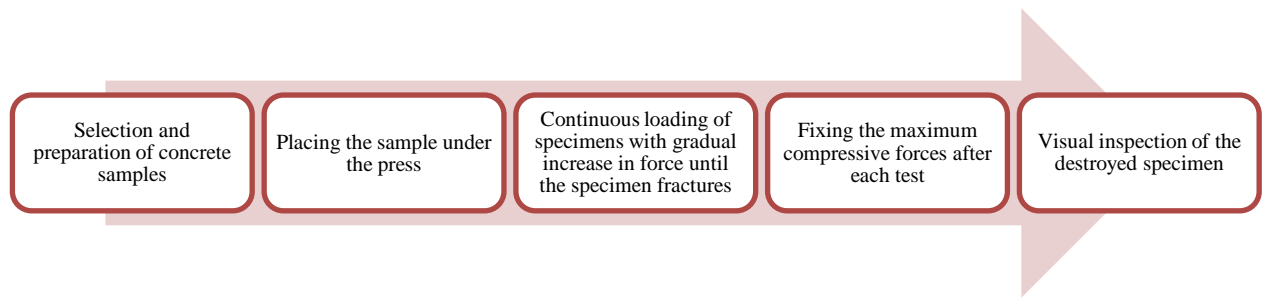


Figure 1. Algorithm of concrete testing with a compression press

In this study, concrete grade M350, cl.C20/25, selected during the pouring of the structure in a special ready-made form (Figure 2) to make a cube sample of size 100x100x100 mm was used. Accordingly, on the 7th and 28th day the test was carried out.

Before testing specimens, a visual inspection for defects was carried out. The specimen was centered on the axis of the press so that the layers of concrete in the cube when hammered were parallel to the lower and upper bed. The compressive strength was then tested by destructive testing under the press starting loading at a constant rate of acceleration until it failed.

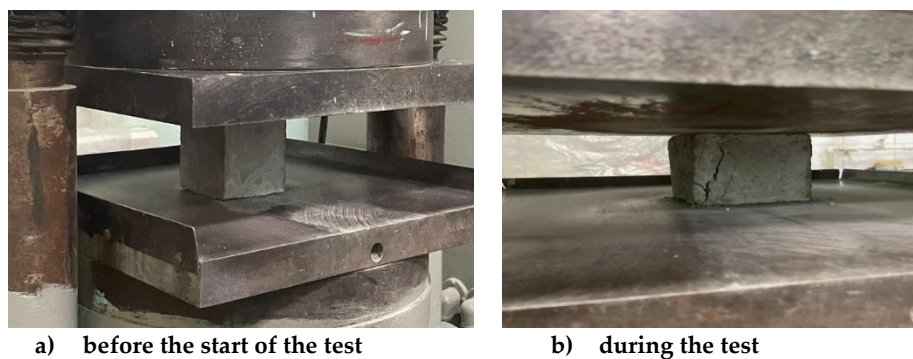


Figure 2. Destructive method

The following test was conducted by a non-destructive method using the IPS device.

The test for the ultrasonic method of determining the strength of concrete is carried out in accordance with GOST 17624-2012[9], which regulates the ultrasonic measurements in concrete by the methods of through or surface sounding.

The test algorithm for determining the strength of concrete by non-destructive method with the ultrasonic device "IPS" is shown in Figure 3.

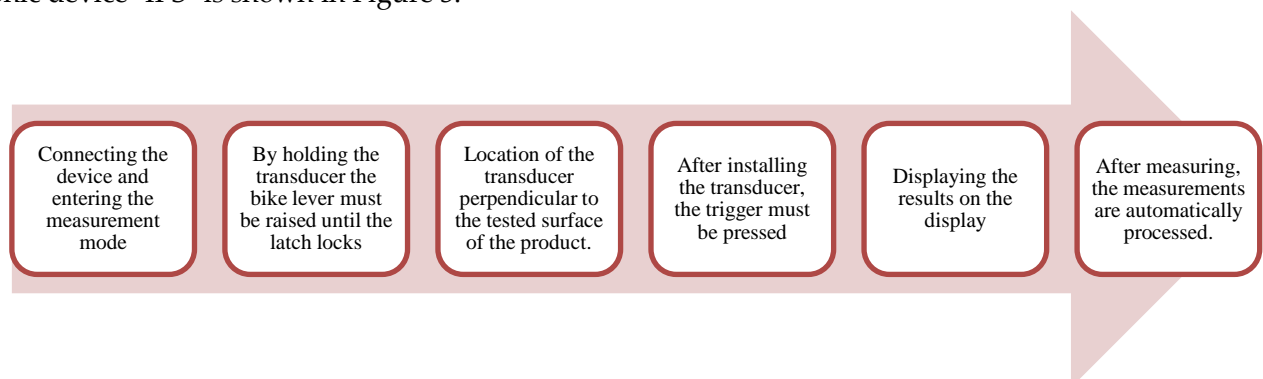


Figure 3. Concrete strength test algorithm with non-destructive method

The test was carried out on 3 cube specimens at 28 days. During the test, the instrument was positioned so that the force was applied perpendicular to the tested surface.

In determining the strength of concrete, the number and location of the controlled areas were

taken at least 3 and no more than 15. The distance between the test points (place of impact) was taken at least 15 mm.

When determining the concrete on specimens, the test was carried out on the sides of the specimens, with the specimens clamped in the press with a force of 30 kN. The operation of the device was carried out by bouncing from the surface of the concrete sample, then the results were displayed on the screen of the device. As a unit value of concrete strength was taken as the average strength of concrete, defined as the arithmetic mean value of the strength of concrete in the controlled areas.



Figure 4. Measuring device IPS-MG

And one of the modern methods of determining the strength of concrete is sensors of maturity and strength of concrete. Application and installation of wireless sensors in concretes are applied in the world according to ASTM C1074-98 [10]. This standard provides a procedure for evaluating the strength of concrete using the maturity method. It also requires setting the strength-to-maturity ratio of the concrete mixture in the laboratory and recording the temperature condition of the concrete for which strength is to be evaluated. The algorithm of application and installation of wireless sensors for concrete strength control is shown in Figure 5. In the study, a waterless sensor for monitoring the strength of concrete BDM-1 was used (Figure 6).

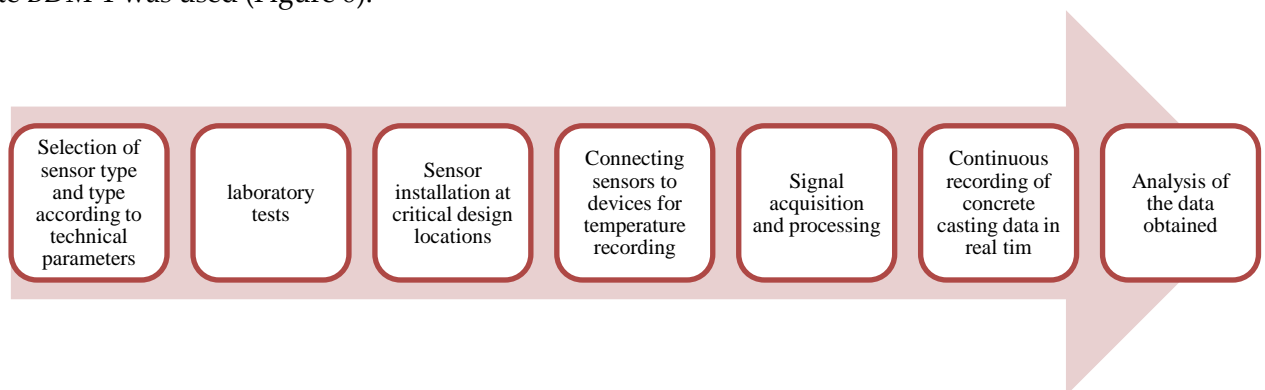


Figure 5. Algorithm of application and installation of concrete strength control sensors

A fully integrated sensor measures the temperature of the concrete in situ and then calculates it into concrete strength data. It then reads the temperature data in real-time and then calculates the strength according to ASTM standard requirements [11].



Figure 6. Wireless Concrete Strength Monitoring Sensor [12]

3. Results and discussion

The results of the tests carried out by destructive, non-destructive, and alternative methods are shown in Table 1.

After testing all specimens, the values are derived, and the design strength of the concrete is calculated that the concrete is fully compliant with the grade M350 (C20/25). The test results of the concrete specimens are recorded in the test report (Table 1).

Table 1. Test report

No.of experience	Class of concrete	Concrete age	Strength parameters,kg/cm ²		
			Destructive method (press)	Non-destructive method (IPS)	An alternative method (wireless BDM sensor)
1	B25	28 days	334.4	335	333.4
2	B25	28 days	331.4	331	331.4
3	B25	28 days	330.4	331	330.8

Analysis of the results of experimental studies shows that the values of strength indicators determined by different methods differ from each other by no more than 2%. That confirms the reliability of the obtained results.

Also, the graphical quantitative-qualitative method "web" allowed a multi-criteria comparison of these methods. Two circles were plotted for orientation, a large circle, and a small circle for method evaluation. Radiuses equal to the number of criteria (Table 1) marked with Roman numerals from 1 to 8 were drawn on the circles. For each radius, there is a different jackal and a notation to measure the values of the methods' parameters in percent according to Table 2.

Then each method of strength control was marked with letters, for the destructive method - A, non-destructive method - B, and alternative method - C. In the diagram the control method is marked with lines, the destructive method of strength control is marked with yellow color, the non-destructive method of strength control with red color, alternative method with purple color (Figure 7). The previously mentioned labels of each method (A, B, C) are connected by lines. After entering all the values, an analysis is done on the diagram. According to the area of the connected lines, the quality and convenient method of concrete strength control are determined.

Table 2. Criteria for evaluating concrete test method

Criteria	Method of monitoring concrete strength		
	A	B	C

		Destructive method	Non-destructive method	An alternative method (sensor)
I	Regulated by standards	100%	100%	70%
II	Accuracy of performance during testing	100%	75%	80%
III	Speed	75%	85%	90%
IV	Availability	100%	100%	50%
V	Automation of device and data processing	55%	85%	100%
VI	Obtaining absolute values that are important for the operation of the product	90%	75%	80%
VII	Direct testing of material samples	95%	60%	90%
VIII	Saving time	75%	85%	90%

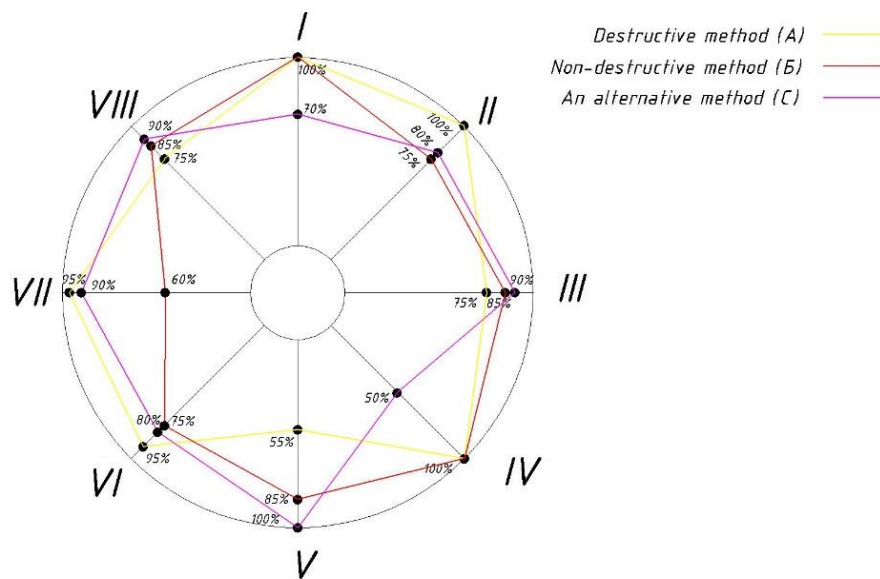


Figure 7. Diagram of assessment by the quantitative-qualitative method "Web"

According to the criteria, the destructive method has the highest percentage of 86.25%, the non-destructive method has 83.125%, and the alternative method has 81.25%. This analysis shows that the results for the selected criteria do not differ from each other by more than 3.3%.

4. Conclusion

When inspecting a building, one of the indicators of its condition is the actual residual strength

of its building materials. The strength and deformation characteristics of reinforced concrete will change under load and over time. The quality of concrete and reinforced concrete products and structures largely depends on the efficiency and effectiveness of concrete strength and homogeneity control.

The study identified the best practices of the world, based on which were analyzed techniques and objectives of methods of temperature-strength control of concrete, the requirements of which led to the effectiveness of the results. According to the results of the quantitative-qualitative method analysis, all 3 methods of concrete strength control have their positive and negative qualities.

References

1. Building structures, buildings and structures / D.Yu. Snezhkov, S.N. Leonovich // Increasing the reliability of concrete strength control by non-destructive methods based on their combination. – 2018. – P. 25–32.
2. Concrete quality testing in existing structures. Methods of european standards / Andrzej Moczko, V.I. Andreev, Marta Moczko // Vestnik MGSU. — 2019. — № 8. — С. 967–975. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.8.967-975
3. Chemistry, physics and mechanics of materials / A.M. Usachev, O.V. Fedorova // Investigation of the problem of reliability of concrete strength assessment by non-destructive methods. – 2019. – P. 52–71.
4. Analysis of concrete strength determination methods for additive manufacturing / E.A. Sorokina, N.O. Kopanitsa // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. JOURNAL of Construction and Architecture. — 2021. — Т. 23, № 2. — С. 87–95. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-2-87-95
5. South Siberian Scientific Herald / T.V. Fursa, K.Yu. Osipov, D.D. Dunn // Development of non-destructive method of concrete strength control by parameters of electrical response to elastic shock excitation. – С. 168–170.
6. GOST 28570-2019. Concretes. Methods for determination of strength by samples taken from structures - 2019.
7. GOST 10180-2012. Concretes. Methods for determination of strength by control samples - 2012.
8. Testing samples (cubes) of concrete for strength, laboratory research [Electronic resource] - Mode of access: <https://1beton.info/proizvodstvo/ispytanie-obraztsov-kubikov-betona-na-prochnost>
9. GOST 17624-2012. Concretes. Ultrasonic method for determination of strength
10. ASTM C 1074 - 98. Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method.
11. Performance of maturity method for estimation of concrete strength based on cubic specimens / R. Lukpanov, S. Zharassov, T. Mkilima, A. Aldungarova // Technobius. — 2021. — Т. 1, № 4. — С. 0008. DOI: 10.54355/tbus/1.4.2021.0008
12. Performance of a wireless sensor adopted in monitoring of concrete strength / Y. Uteпов // International Journal of GEOMATE. — 2022. — Т. 23, № 95. DOI: 10.21660/2022.95.3265

И. Таубалды¹, Д.А. Ахметов², А. Ракишева³

¹Халықаралық білім беру корпорациясы (Қазақ Бас Сәулет-Құрылыс Академиясы кампусы), Алматы, Қазақстан

²Satbayev University, Алматы, Қазақстан

³Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан

Кешенді тәсілмен бетонның беріктігін сынау: бұзу, бұзбау және сымсыз сенсорлық бақылау әдістерінің үйлесуі

Аңдатпа. Фимараттар мен құрылыстардың құрылымдарының жай-күйін бағалау үшін олардың өнімділігіне әсер ететін факторлардың - бетонның беріктігін, жылу өткізгіштігін және бетонның ылғалдылығын, аязға төзімділігін және суға төзімділігін кешенді талдау қажет.

Дегенмен, әртүрлі бақыланатын параметрлермен бетонның беріктігін бақылау ерекше орын алады, өйткені конструкциялардың жағдайын бағалаудың негізгі факторы бетонның нақты беріктігінің жобалық талаптарға сәйкестігі болып табылады. Мақалада ғимараттар мен құрылыстардың конструкцияларын тексеруде қолданылатын бетонның беріктігін бақылаудың негізгі әдістері келтірілген. Деструктивті, бүлдірмейтін және альтернативті әдістермен алынған мәліметтерді салыстыру бойынша эксперимент нәтижелері зерттеледі. Интеллектуалды технологияларды қолдану арқылы тестілеу кезінде Қазақстанда шығарылған сымсыз бетон беріктігі датчигі пайдаланылды. Ал авторлар қолданатын графикалық сандық-сапалық әдіс «веб» әр әдістің ерекшеліктерін анықтауға және анықтауға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: бетон, беріктік, үлгілер, сынау, бақылау.

И.Тaubалды¹, Д. А. Ахметов², А. Ракишева³

¹Международная образовательная корпорация (кампус Казахская головная архитектурно-строительная академия), Алматы, Казахстан

²Satbayev University, Алматы, Казахстан

³Восточно-Казахстанский технический университет им. Д.Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан

Комплексный подход к испытанию бетона на прочность: сочетание разрушающего, неразрушающего и беспроводного сенсорного методов

Аннотация. Для оценки состояния конструкций зданий и сооружений необходимо проводить комплексный анализ факторов, влияющих на их эксплуатационные характеристики: прочность бетона, теплопроводность и влажность бетона, морозостойкость и водонепроницаемость. Однако при многообразии контролируемых параметров контроль прочности бетона занимает особое место, так как основным фактором оценки состояния конструкций является соответствие фактической прочности бетона проектным требованиям. В статье представлены основные методы контроля прочности бетона, которые используются при обследовании конструкций зданий и сооружений. Исследованы результаты экспериментов по сопоставлению данных, полученных разрушающими, неразрушающими и альтернативными методами. При проведении испытаний с применением интеллектуальных технологий использовался беспроводной датчик прочности бетона казахстанского производства. А использованный авторами графический количественно-качественный метод «паутина» позволил определить и выявить особенности каждого метода.

Ключевые слова: бетон, прочность, образцы, испытание, мониторинг.

References

1. Building structures, buildings and structures / D.Yu. Snezhkov, S.N. Leonovich // Increasing the reliability of concrete strength control by non-destructive methods based on their combination. – 2018. – P. 25–32.
2. Concrete quality testing in existing structures. Methods of european standards / Andrzej Moczko, V.I. Andreev, Marta Moczko // Vestnik MGSU. — 2019. — № 8. — С. 967–975. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.8.967-975
3. Chemistry, physics and mechanics of materials / A.M. Usachev, O.V. Fedorova // Investigation of the problem of reliability of concrete strength assessment by non-destructive methods. – 2019. – P. 52–71.
4. Analysis of concrete strength determination methods for additive manufacturing / E.A. Sorokina, N.O. Kopanitsa // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. JOURNAL

- of Construction and Architecture. – 2021. – Т. 23, № 2. – С. 87–95. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-2-87-95
5. South Siberian Scientific Herald / T.V. Fursa, K.Yu. Osipov, D.D. Dunn // Development of non-destructive method of concrete strength control by parameters of electrical response to elastic shock excitation. – С. 168–170.
6. GOST 28570-2019. Concretes. Methods for determination of strength by samples taken from structures - 2019.
7. GOST 10180-2012. Concretes. Methods for determination of strength by control samples - 2012.
8. Testing samples (cubes) of concrete for strength, laboratory research [Electronic resource] - Mode of access: <https://1beton.info/proizvodstvo/ispytanie-obraztsov-kubikov-betona-na-prochnost>
9. GOST 17624-2012. Concretes. Ultrasonic method for determination of strength
10. ASTM C 1074 - 98. Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method.
11. Performance of maturity method for estimation of concrete strength based on cubic specimens / R. Lukpanov, S. Zharassov, T. Mkilima, A. Aldungarova // Technobius. – 2021. – Т. 1, № 4. – С. 0008. DOI: 10.54355/tbus/1.4.2021.0008
12. Performance of a wireless sensor adopted in monitoring of concrete strength / Y. Uteпов // International Journal of GEOMATE. – 2022. – Т. 23, № 95. DOI: 10.21660/2022.95.3265

Information about authors:

I. Taubaldy – Master Student of the Department of Civil Engineering, International Educational Corporation (campus Kazakh Leading Academy of Architecture and Civil Engineering), 28 K. Ryskulbekov str., Almaty, Kazakhstan.

D. Akhmetov - Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Construction and Building Materials, Satbayev University, 22 Satbaev str., Almaty, Kazakhstan.

A. Rakisheva -Senior Lecturer, School of Architecture and Construction, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, 69 Protozanov str., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

И.Қ. Таубалды – «Құрылыс» факультетінің магистранты, Халықаралық білім беру корпорациясы (Қазақ Бас Сәулет-Құрылыс Академиясы кампусы), Қ. Рысқұлбеков к., 28, Алматы, Қазақстан.

Д.А. Ахметов – техникалық ғылым докторы, Сәтбаев университетінің құрылыс және құрылыс материалдары кафедрасының меңгерушісі, Сәтбаев көш., 22, Алматы, Қазақстан.

А. Ракишева – Сәулет және құрылыс мектебінің оқытушы, магистр, Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Протозанов көш., 69, Өскемен, Қазақстан.

И.К. Таубалды – магистрант факультета «Строительство», Международная образовательная корпорация (кампус Казахская Головная Архитектурно-Строительная Академия), ул. К. Рысқұлбекова, 28, Алматы, Казахстан.

Д.А. Ахметов – доктор технических наук, заведующий кафедрой строительства и строительных материалов университета им. К. Сатпаева, ул. Сатпаева, 22, Алматы, Казахстан.

А. Ракишева – преподаватель архитектурно-строительной школы, магистр, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, ул. Протозанова А.К., 69, Усть-Каменогорск, Казахстан.

Effectiveness of reinforcement on soil subsidence

Abstract. The application of methods of improvement of ground bases in subsidence areas is an urgent issue today. This is evidenced by the continuing difficulties with the operation of transport structures. This study presents experimental studies of soil reinforcement. An important factor is to determine the properties of the soil, so the paper presents the results of laboratory tests. The angle of internal friction and the deformation increases to a greater extent when the reinforcing element is embedded in the ground, which will increase the bearing capacity of the foundations and reduce the deformability and settlement of the soil mass. The use of a reinforcing element in the ground not only makes it possible to improve the physical and mechanical properties of the soil but also gives an economic effect. It allows you to reduce the cost of the volume of earthworks. The results obtained in this study have considerable potential for eliminating problems arising from the construction of structures in subsidence areas.

Keywords: soil, geosynthetics, subsidence, reinforcement, properties.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-107-115

1. Introduction

When planning new construction complexes, it is necessary to consider the complex engineering and geological conditions of collapsible soils [1]. Before erecting structures in such areas, it is necessary to apply various methods to increase the soil's bearing capacity and stability [2]. The bearing capacity of such soils is low, so before making foundations on them, applying different soil stabilization methods is necessary [3]. Three groups of methods are used for the improvement of soil bases: constructive methods of base improvement; compaction of soil bases; and consolidation of soil bases [4-5]. Indirect methods [6] of determining collapsibility are used at the earliest stages of the investigation of loess soils in the territory under study to determine the propensity of soils to collapse. Based on their assessment of the choice of methods of further research of soils and justification of appointments of field and laboratory tests, the approximate evaluation of the volume of work. But unlike direct methods, they don't allow for estimating the numerical collapsibility value of loess soils. And one of the methods for improving soil base is applying geosynthetics.

Geosynthetics is a common classification terminology for all kinds of synthetic materials used in various construction branches, including road construction [7]. This term includes geotextiles, geogrids, geonets, geomembranes, and geocomposites.

Using geosynthetics opens new opportunities to solve various problems in the design and construction of roads and the most complex engineering structures. First, polymeric fabric helps evenly distribute the weight load on the whole area of the object. In addition, the material prevents liquid and moisture from penetrating the road base, thus saving it from destruction and erosion. Also, a multilayer construction of a road object constructed with geosynthetic materials is less subject to mechanical damages - potholes, holes, cracks, and ruts [8].

Geonets are filament meshes made of glass fiber to reinforce asphalt concrete pavements and weak subgrade soil. Using geonets increases the operational reliability and service life of road structures, improves work conditions and quality, simplifies construction technology, reduces construction time,

reduces the consumption of traditional road-building materials, and uses local soil [9]. Geonet is used to construct and reconstruct highways and temporary roads on weak substrates to strengthen slopes and inclines.

The main advantages of geotextiles are good extensibility and excellent water-transmissibility, while their high strength and deformation resistance make it possible to initially reduce the roadbed's thickness. All the above advantages in the characteristics and properties of geotextiles influenced the choice of this material as a study material and its application in the structural and technological solution.

2. Methods and materials

2.1 Laboratory determination characteristics of soil

2.1.1 Determining particle size distribution (grain) composition using a sieve method

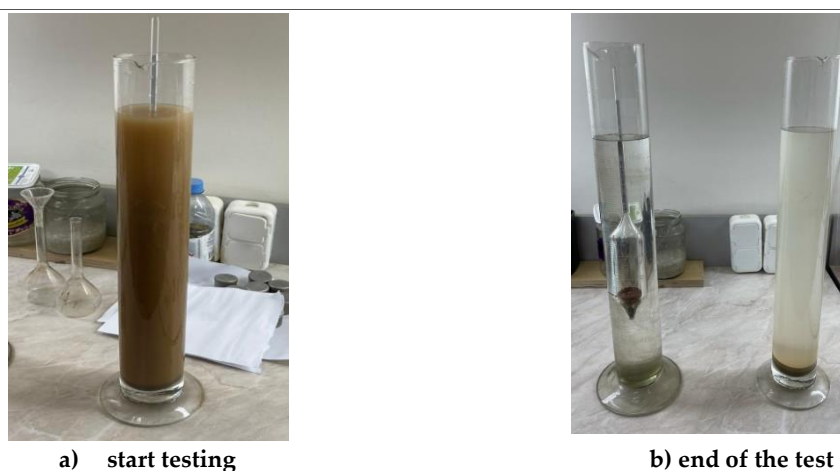
To determine the granulometric (grain) composition of soils by sieve method, the following apparatus and equipment were used: sieves with the size of holes 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 mm; laboratory scales; technical scales with a relative error of weighing of not more than 0.1%; porcelain mortar; pestle with a rubber tip; porcelain cup; rubber bulb; brush. The average sample of soil g_1 was selected by quartering and then weighed on the scales. The sieves were mounted by the column and placed on the pallet to increase the size of the holes. The selected sample was transferred to the top sieve of the first set (diameter of holes from 10 to 0,5 mm), closed with a lid, and sieved with light lateral blows with the palms of his hands until the soil was completely sorted. Soil fractions lingering on the sieves were poured, starting from the upper sieve into a mortar, then were additionally grinded with a pestle with a rubber tip, again sieved on the same sieves.

The completeness of the sieving of soil fractions was checked by shaking each sieve over a sheet of paper. Each fraction of the soil trapped on the sieves was weighed separately (df). The soil loss during sieving was allocated to the fractions in proportion to their mass.

2.1.2 Determination of granulometric (grain) composition of soils by the areometric method

To determine the granulometric composition of the grounds were applied the following instruments, equipment, materials, and reagents: areometer with a scale of 0.995 - 1 - 1.030 and the division price of 0.001; a set of sieves with a pallet; sieves with the size of holes 10; 5; 2; 1.0; 0.5; 0.25; 0.1 mm; scales; mortar and pestle made of porcelain; pestle with a rubber tip; porcelain cup; a desiccator with a silica gel indicator; drying cabinet; conical flat-bottomed flask with a capacity of 500 cm³; funnels of about 4 and 14 cm in diameter; measuring cylinder with a capacity of 1 l and a diameter of (60 ± 2) mm, a thermometer with an accuracy of 0.5°C.

Without splashing out and foaming, the suspension has been shaken with a stirrer for 1 minute until sediments are completely stirred from the bottom of the cylinder. The time of areometer reading was determined after the end of suspension shaking. Then for 10-12 seconds before measuring the density of the suspension, the areometer was carefully lowered into it, which should float freely without touching the walls and the bottom of the cylinder, and the reading was taken by the areometer R. The duration of areometer reading was not more than 10 s (Figure 1).



a) start testing

b) end of the test

Figure 1. The measurement of slurry density

The temperature of the suspension was controlled by temperature measurement with an error of up to 0.5°C during the first 5 min (before the experiment) and then after each measure of the density of the suspension with an areometer. If the temperature differed from 20°C, a temperature correction was added to the areometer readings. The data obtained by the areometer method are shown in Table 1.

Table 1. Obtained data in determining the grain composition of the soil

Time, min	Areometer	t, °C
1	10.04	23
30	9.98	23
180	9.98	23

Then was calculated the percentage of soil fractions larger than 10; 10-5; 5-2; 2-1 mm and the mass of the dry average soil sample. To determine the moisture content of the soil by drying to constant weight, the following equipment was used: a drying cabinet; laboratory scales; metal or glass beakers.

Samples of soil for moisture determination were selected from 15-50 g, then placed in a pre-dried, weighed numbered beaker and sealed tightly with a lid. When sampling from a disturbed specimen, the soil was thoroughly mixed to ensure that the moisture was evenly distributed throughout the specimen. The soil sample in the buster was weighed. The open buster was placed in a heated desiccator. The soil was dried to a constant weight at $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$. After each drying, the closed bust was cooled to room temperature and weighed. The sample was dried until the difference in mass of the soil with the box at the next two weightings did not exceed 0.02 g.

2.1.3 Determination of the upper limit of plasticity - liquid limit by the balancing cone method

The liquid limit was defined as the moisture content of the paste prepared from the studied soil, at which the balancing cone is immersed under the action of its own mass for 5 seconds to a depth of 10 mm. Equipment used: drying cupboard; laboratory scales; metal boxes; Vasiliev's balancing cone with a cylindrical cup; metal box 7-8 cm in diameter; spatula; mortar with the pestle; sieve with a 1 mm hole; fine grater; petroleum jelly.

To determine the liquid limit, disturbed specimens were selected for which preservation of natural moisture is required. When tested using an air-dry soil sample, it was ground in a porcelain mortar, not allowing the soil particles to be crushed and at the same time removing vegetation residues larger than 1 mm. It was sifted through a 1 mm mesh sieve. Soil passed through the sieve, moistened with distilled water to a thick paste, stirred with a spatula, and kept in a sealed glass jar.

The prepared primer paste was thoroughly mixed with a spatula and placed in a cylindrical cup in small portions densely (without air cavities). The surface of the paste was smoothed with a trowel

flush with the edges of the cup. A balancing cone lubricated with a thin layer of vaseline was brought to the surface of the ground paste so that its tip touched the paste. The cone is then gently released, allowing it to sink into the paste under its own weight. Immersion of the cone in the paste for 5 s to a depth of 10 mm shows that the soil has moisture corresponding to the yield boundary (Figure 2).



Figure 2. Dipping the cone into the paste

After reaching the fluidity limit, samples of 15-30 g were taken from the past to determine the moisture content in accordance with the requirements.

2.1.4 Determination of the lower limit of plasticity - plastic limit

The plastic limit (plasticity) should be defined as the humidity of the paste prepared from the studied soil, at which the paste rolled out in a roll with a diameter of 3 mm begins to break up into pieces of 3-10 mm. Equipment used: drying cabinet; laboratory scales; metal boxes; vasiliev's balancing cone with a cylindrical cup; porcelain or metal cup 7-8 cm in diameter; spatula, mortar with the pestle; sieve with a 1 mm hole according to the current normative documentation; fine grater; vaseline. To determine the plastic limit, disturbed specimens were used, for which the preservation of natural moisture is required.

The prepared primer paste was thoroughly mixed, and then a small piece was taken and rolled out with the palm of the hand on a glass or plastic plate until the bundle of about 3 mm in diameter was formed (Figure 3).



Figure 3. Rolling out harnesses

Rolling continued until the bundle disintegrated along transverse cracks into 3-10 mm long pieces. The pieces of the disintegrating bundle were collected in boxes covered with lids. When the weight of soil in the beakers reached 10-15 g, the moisture content was determined.

Results of determining the lower limit of plasticity number are represented in Table 2.

Table 2. Results of determining the lower limit of plasticity number

No. of box	m, g	m ₁ , g	m ₀ , g	w _L , %	w _{L_{aver}} , %	IP=W _L - W _P , %
8	5.4	13.8	12.7	15.06		
504	5.1	13.0	11.9	16.18	15.1	7.9
17	5.5	14.0	14.0	14.12		

2.2 Experimental tests of quasi-collapsing soils performed in a uniaxial compression apparatus

The tests were conducted with the odometer. In turn, the conducted research consisted of two parts: a study of quasi-collapsing soil [10] and an investigation of collapsing soil reinforced with geotextile. The second part was conducted to determine the effect of quasi-soil reinforcement by geotextile on collapsing. For this purpose, a nonwoven geotextile was selected (Figure 4).

The load was applied one kilogram at a time up to 5 kg. To obtain collapsing, the specimen was soaked at 3 kg during the experiment. After each loading, strain values were taken from watch-type indicators (WTIs).



Figure 4. Non-woven geotextile

3. Results and Discussion

The results of soil grain composition by sieve method are presented in Table 3.

Table 3. Results of determining the grain size distribution of soil [11]

No. of sieves	m _{sieve} , g	m _{sieve+soil} , g	m _{soil} , %	sieved soil, g
500	849.5	943.6	94.1	12.54
250	781.0	979.5	198.5	26.5
100	810.1	1256.4	446.4	59.52
50	803.5	813	9.5	1.27
>50	781.3	782.8	1.5	0.2

The percentage content of each fraction of the soil are: coarse fraction - 1-0.25-66.6%; medium fraction - 0.25-0.05-66.1%; small fraction - 0.05-0.002-66.1%. The results of determining the moisture content of the soil are presented in Table 4.

Table 4. Results of determining the moisture content of soil by drying to constant weight

No. of box	m, g	m ₁ , g	m ₀ , g	w, %	w _{cp} , %
8	5.4	18.9	16.8	18.4	18.24
19	5.2	19.0	17.7	10.4	
12	5.2	18.3	16.4	17	
5	5.4	20.1	16.9	27.8	
504	5.1	15.8	14.2	17.6	

The results of determining the upper limit of plasticity are shown in Table 5.

Table 5. Results of determining the upper limit of plasticity

No. of box	m, g	m ₁ , g	m ₀ , g	WL, %	WL _{aver} , %
19	5.2	20.2	17.4	22.95	23%
12	5.2	19.8	17.0	23.73	
5	5.4	17.4	15.2	22.45	

Results of determining the lower limit of plasticity number are represented in Table 6.

Table 6. Results of determining the lower limit of plasticity number

No. of box	m, g	m ₁ , g	m ₀ , g	WL, %	WL _{aver} , %	IP=WL- W _P , %
8	5.4	13.8	12.7	15.06	15.1	7.9
504	5.1	13.0	11.9	16.18		
17	5.5	14.0	14.0	14.12		

Change of quasi-soil coefficient of relative collapsing when changing the percentage ratio of components (soil - quicklime) with and without geotextile reinforcement presented in Table 7 [12].

Table 7. Results of coefficient of relative collapsing

Percentage proportion of soil and lime in quasi-soil	Coefficient of relative collapsing without geotextile reinforcement, ε_{sl}	Coefficient of relative collapsing with geotextile reinforcement, ε_{sl}
Soil 60% - Quicklime 40%	$\varepsilon_{sl} = 0.03 > 0.01$	$\varepsilon_{sl} = 0.021 > 0.01$
Soil 50% - Quicklime 50%	$\varepsilon_{sl} = 0.035 > 0.01$	$\varepsilon_{sl} = 0.03 > 0.01$
Soil 40% - Quicklime 60%	$\varepsilon_{sl} = 0.04 > 0.01$	$\varepsilon_{sl} = 0.0315 > 0.01$

4. Conclusion

When designing structures on collapsing soils, the possibility of increasing their moisture content due to soaking the soil from external sources (rainwater, meltwater) from above should be considered. It is necessary to provide a set of measures, including the elimination of collapsible properties (water protection and structural measures).

It is necessary to apply to the pavement «capping layer» structure in areas where the groundwater level is close to the bottom of the embankment for a more rigid resistance to loads from the above structure. It also reduces the chance of differential settlement in the slab by supporting it more homogeneously than an unimproved subgrade. It is also much easier to compact a subbase on a capping layer than on saturated clay, meaning that by installing a capping layer, delays in constructing the subbase due to wet weather can be reduced.

In this investigation has been laboratory proven that reinforcement of the collapsing soil with

geomaterials, namely geotextiles, increases the bearing capacity of the soil and improves its deformation properties. The coefficient of relative collapsing for samples with a ratio (soil 60% - 40% lime) is $\varepsilon_{sl}=0.03>0.01$ (not reinforced with geotextile), $\varepsilon_{sl}=0.021>0.01$ (reinforced with geotextile), for samples with a ratio (soil 50% - 50% lime) is $\varepsilon_{sl}=0.035>0.01$ (not reinforced with geotextile), $\varepsilon_{sl}=0.03>0.01$ (reinforced with geotextile), for samples with the ratio (soil 40% - 60% lime) equal to $\varepsilon_{sl}=0.04>0.01$ (not reinforced with geotextile), $\varepsilon_{sl}=0.031>0.01$ (reinforced with geotextile).

References

1. Hamdy D.B. A sustainable approach for improving the behavior of collapsible soil using marble dust // *Innovative Infrastructure Solutions*. – 2022. – Vol. 7, Issue 4. – P. 260.
2. Haeri S.M., Valishzadeh A. Evaluation of Using Different Nanomaterials to Stabilize the Collapsible Loessial Soil // *International Journal of Civil Engineering*. – 2021. – Vol. 19, Issue 5. – p. 583–594.
3. Niu L., Ren W., Zhang A. et al. Experimental study on the influence of soluble salt content on unsaturated mechanical characteristics of undisturbed Ili loess // *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. – 2021. – Vol. 80, Issue 9. – p. 6689–6704.
4. Hameedi M.K. Field study on soft soil improvement using continuous flight auger (CFA) piles // *International Journal of GEOMATE*. – 2021. – Vol. 21, Issue 86. – p. 159–166.
5. Seiphoori A., Zamanian M. Improving mechanical behaviour of collapsible soils by grouting clay nanoparticles // *Engineering Geology*. – 2022. – Vol. 298. – P. 106538.
6. Krieger N.I., Kuznetsov A.G., Muntz O.I. Indirect methods for assessing the subsidence properties of loess rocks // *Proc. PNIIS*. – Moscow: Stroyizdat, 1971. – VOL. 12 p. 191–260.
7. Kurguzov K.V., Fomenko I.K., Sirotkina O.N. Evaluation of bearing capacity of piles. calculation methods and problems // *Proceedings of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources*. – 2019. – T. 330, №10. – p. 7–25.
8. Muzdybayeva T., Alipbeki O., Chikanayev A., Abdykarimova S. Road pavement using geosynthetics on the territory of rural settlements // *International Journal of GEOMATE*. – 2022. – 23 (96). – pp. 61–68.
9. Hufenus R., Rueegger R., Banjac R., Mayor P., Springman S., Bronnimann R. Full-scale field tests on geosynthetic reinforced unpaved roads on soft subgrade // *Geotextiles and Geomembranes*. – 2006. – Vol. 24, No. 1. – P. 21–37. DOI: 10.1016/j.geotextmem.2005.06.002
10. Mustakimov V., *Study of Collapsing Soils Reinforced by Vertical Elements*. Deutschland: Lambert Academic Publishers, 2016, p.36–45.
11. Zhankina A. Investigation of methods to improve soil bases in collapsible areas: Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy (PhD). – Astana, 2022. – p.156.
12. Tulebekova A., Jumabayev A., Aldungarova A., Zhankina A. The use of geosynthetics for strengthening the soil base: a laboratory experiment to develop practical skills of postgraduate students // *World transactions on engineering and technology education*. – 2022. – Vol.20. – Issue 4. – pp. 286–291.

А. Тулебекова¹, Г. Танырбергеннова², А. Жанкина¹, Г. Байзакова³

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

²Қазақстан геосинтетикалық қоғамы, Астана, Қазақстан

³Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан

Топырақтың шөгуге кезіндегі арматураның тиімділігі

Андатпа. Шөгінді аумақтарда топырақ негіздерін жақсарту әдістерін қолдану бүгінгі таңда өзекті мәселе болып табылады. Бұған көлік құрылыстарын пайдаланудағы қиындықтар дәлел бола алады. Бұл жұмыста топырақты нығайту бойынша эксперименттік зерттеулер ұсынылған. Топырақтың қасиеттерін анықтау маңызды фактор болып табылады, сондықтан жұмыста

зертханалық зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Ішкі үйкеліс бұрышы мен деформация арматуралық элемент жерге енген кезде жоғарылайды, бұл іргетастың көтергіштігін арттырады және жер массасының деформациясы мен шөгугін азайтады. Топырақта арматуралық элементті қолдану топырақтың физика-механикалық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік беріп қана қоймай, экономикалық әсер береді. Бұл жер жұмыстарының құнын төмендетуге мүмкіндік береді. Осы зерттеуде алынған нәтижелер шөгінді аумақтарда құрылыстар салу кезінде туындайтын проблемаларды жою үшін айтарлықтай әлеуетке ие.

Түйін сөздер: топырақ, геосинтетика, шөгуге, арматура, қасиеттері.

А. Тулебекова¹, Г. Танырбергенова², А. Жанкина¹, Г. Байзакова³

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

²Казахстанское геосинтетическое общество, Астана, Казахстан

³Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан

Эффективность армирования на просадочность грунта

Аннотация. Применение методов улучшения грунтовых оснований на просадочных территориях является актуальной проблемой на сегодняшний день. Об этом свидетельствуют сохраняющиеся трудности с эксплуатацией транспортных сооружений. В данной работе представлены экспериментальные исследования по укреплению грунтов. Важным фактором является определение свойств грунта, поэтому в работе представлены результаты лабораторных исследований. Угол внутреннего трения и деформация увеличиваются в большей степени, когда армирующий элемент внедряется в грунт, что увеличит несущую способность фундамента и уменьшит деформируемость и оседание грунтового массива. Использование армирующего элемента в грунте не только позволяет улучшить физико-механические свойства грунта, но и дает экономический эффект. Это позволяет снизить стоимость объема земляных работ. Результаты, полученные в данном исследовании, имеют значительный потенциал для устранения проблем, возникающих при строительстве сооружений на просадочных территориях.

Ключевые слова: грунт, геосинтетика, просадка, армирование, свойства.

References

1. Hamdy D.B. A sustainable approach for improving the behavior of collapsible soil using marble dust // Innovative Infrastructure Solutions. – 2022. – Vol. 7, Issue 4. – P. 260.
2. Haeri S.M., Valishzadeh A. Evaluation of Using Different Nanomaterials to Stabilize the Collapsible Loessial Soil // International Journal of Civil Engineering. – 2021. – Vol. 19, Issue 5. – p. 583–594.
3. Niu L., Ren W., Zhang A. et al. Experimental study on the influence of soluble salt content on unsaturated mechanical characteristics of undisturbed Ili loess // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. – 2021. – Vol. 80, Issue 9. – p. 6689–6704.
4. Hameedi M.K. Field study on soft soil improvement using continuous flight auger (CFA) piles // International Journal of GEOMATE. – 2021. – Vol. 21, Issue 86. – p. 159–166.
5. Seiphoori A., Zamanian M. Improving mechanical behaviour of collapsible soils by grouting clay nanoparticles // Engineering Geology. – 2022. – Vol. 298. – P. 106538.
6. Krieger N.I., Kuznetsov A.G., Muntz O.I. Indirect methods for assessing the subsidence properties of loess rocks // Proc. PNIIS. – Moscow: Stroyizdat, 1971. – VOL. 12 p. 191–260.
7. Kurguzov K.V., Fomenko I.K., Sirotkina O.N. Evaluation of bearing capacity of piles. calculation methods and problems // Proceedings of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources. – 2019. – Т. 330, №10. – p. 7–25.
8. Muzdybayeva T., Alipbeki O., Chikanayev A., Abdykarimova S. Road pavement using geosynthetics

- on the territory of rural settlements // International Journal of GEOMATE. – 2022. – 23 (96). – pp. 61–68.
9. Hufenus R., Rueegger R., Banjac R., Mayor P., Springman S., Bronnimann R. Full-scale field tests on geosynthetic reinforced unpaved roads on soft subgrade // Geotextiles and Geomembranes. – 2006. – Vol. 24, No. 1. – P. 21–37. DOI: 10.1016/j.geotextmem.2005.06.002
10. Mustakimov V., Study of Collapsing Soils Reinforced by Vertical Elements. Deutschland: Lambert Academic Publishers, 2016, p.36–45.
11. Zhankina A. Investigation of methods to improve soil bases in collapsible areas: Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy (PhD). – Astana, 2022. – p.156.
12. Tulebekova A., Jumabayev A., Aldungarova A., Zhankina A. The use of geosynthetics for strengthening the soil base: a laboratory experiment to develop practical skills of postgraduate students // World transactions on engineering and technology education. – 2022. – Vol.20. – Issue 4. – pp. 286–291.

Information about authors:

A. Tulebekova – PhD, Associate Professor of Civil Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

G. Tanyrbergenova – Master of Civil Engineering, Kazakhstan Geosynthetics Society, Astana, Kazakhstan.

A. Zhankina – PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

G. Baizakova – Senior Lecturer, School of Architecture and Construction, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, 69 Protozanov str., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

Ә.С. Тулебекова – PhD, «Құрылыс» кафедрасының м.а.профессор, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Г.К. Танырбергенова – Құрылыс магистрі, Қазақстан геосинтетика қоғамы, Астана, Қазақстан.

А.К. Жанкина – PhD, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Г.А. Байзакова – Сәулет және құрылыс мектебінің оқытушы, Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Протозанов көш., 69, Өскемен, Қазақстан.

Survey of overpass foundation in engineering-geological condition of Kazakhstan

Abstract. The aim of the work is to present the results of the inspection of the foundations of the overpass and to determine the causes of the defects. This is a particularly relevant task for countries with a large and extensive territory, such as Kazakhstan. This area is located in the centre of Eurasia, where many international routes between Europe and Asian countries have crossed since ancient times until the present day. One of the main international highways is Yekaterinburg - Almaty (2336 km), which is one of the main transport routes between Russia and Kazakhstan. This road was intensively reconstructed in 2013. An overpass was built on the 1114-1137 km section of the Yekaterinburg - Almaty Road. Unfortunately, there was downtime in the construction process. It is therefore proposed to inspect the foundations of the structures, the subgrade soil before continuing the construction. The overpass is located in the village of Zhaltyr, Akmola region.

Keywords: highway; overpass; deformation; survey, foundations, defects.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-116-126

Introduction

The purpose of the overpass construction is to ensure traffic safety when crossing the railway and to ensure uninterrupted traffic on this section of the route.

Seasonal freezing and thawing of the ground is an external impact on the condition of the girder structures. Technical inspection of the deformed section of the trestle and technical solutions are the main task to ensure the safety and durability of the structure.

In terms of the climatic region, the trestle relates to the fourth climatic zone. The climate is characterised by a strong continental climate and low precipitation. Engineering and geological conditions of the overpass area were determined by Kazdorproject Ltd. in 2006. At a depth of 3 m there is a layer of sandy loam of hard consistency.

Under it there is a layer of sandy clay of semi-solid and hard consistency. This is followed by gravel with sandy aggregate [1-2]. A scheme of the overpass is shown in Figure 1.

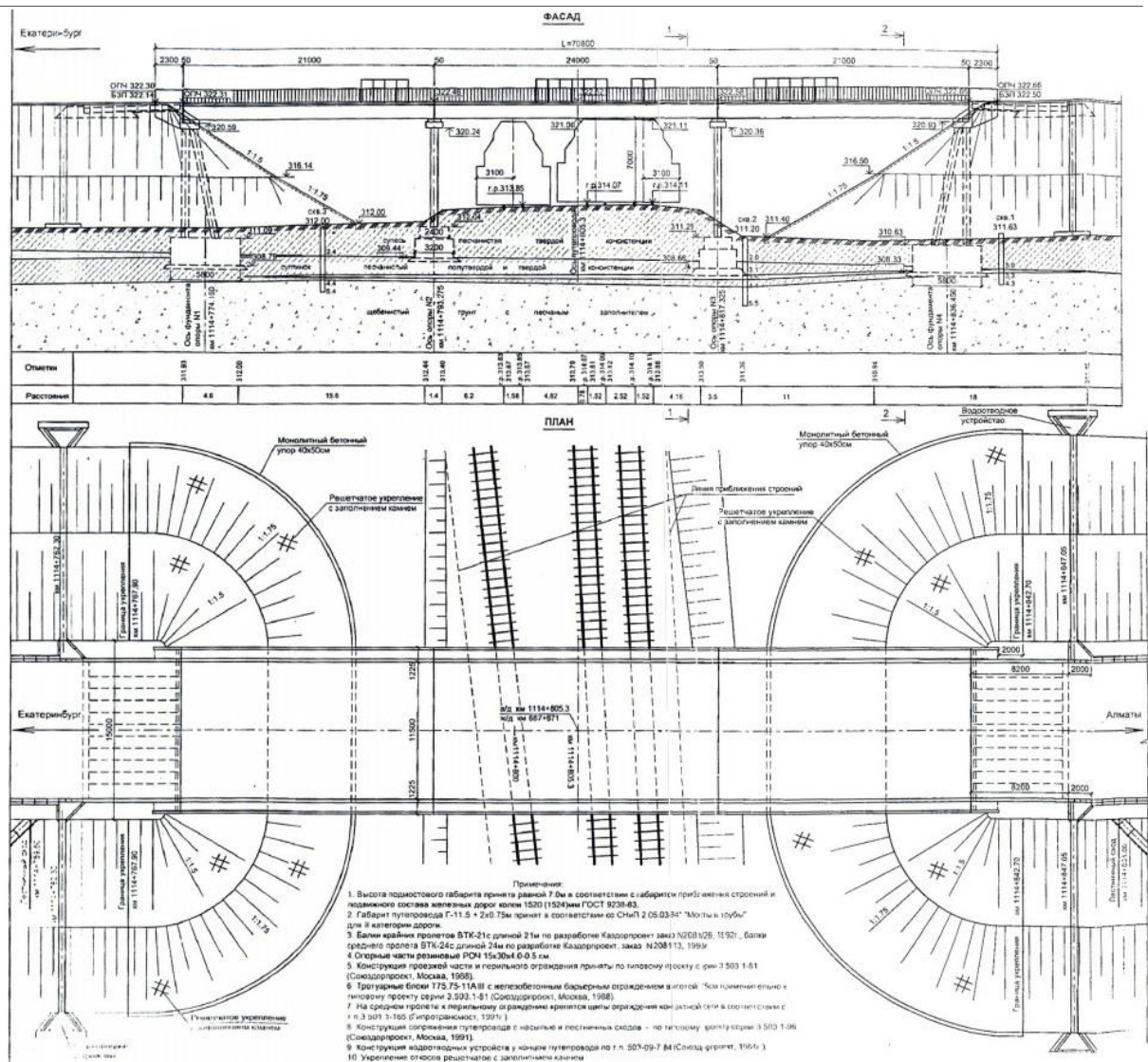


Figure 1. Overpass drawings

Materials and research methods

The overpass is located on a straight section of the route in plan and on an ascending branch of a convex vertical curve with a radius of 15,000 m in longitudinal profile, in accordance with the required parameters for road category II as required.

The width of the overpass is accepted on the carriageway 11,5 m with operational passages of 0,75 m. The total length of the overpass is 70.8 m. The span of the bridge is 7 m.

The bridge superstructure is a sectional beam of three girder spans (21x24x21 m), with rubber-metal supports.

The carriageway is paved with asphalt concrete. The cross slope of the carriageway is 20%. Safety lanes are paved with cement concrete. Service pedestrian barrier paths - paving stone with reinforced concrete curbs 0,75 m high. Railings - metal 1.1 m high.

The visual and instrumental inspection of the monolithic foundations (MF) included:

- inspection of the conditions of the MF;
- inspection of the quality of the MF surfaces;
- verification of compliance of the actual dimensions of the MFs with the design ones.

The general view if foundations are presented in figure 2.



Figure 2. Foundations

Supports - reinforced concrete with a section of 40x60 cm on a natural base. The extreme supports of the viaduct are the bulk foundations of the gantry type. Intermediate supports - rack-mount single-row. In the foundation sockets, the stoics are mounted with the incorporation of monolithic concrete (Figure 3).



Figure 3. Supports and beams

Results and discussion

Visual and instrumental inspection of the monolithic foundations of MF#1, MF#2, MF#3, MF#4 revealed defects such as:

- delamination and spalling on the surface of foundations (Figure 4);
- cracks on the surface of monolithic foundations (figure 5);
- Exposed rebar in foundation pits.



Figure 4. Failure of concrete foundations



Figure 5. Chips and potholes found on foundations

Instrumental inspection of foundations revealed geometric deviations from their design dimensions of MF №3 foundation by 10-12 cm (Figure 6).



Figure 6. Detected defects in foundation structures

Corrosion of the reinforcement in the foundation wells is shown in Figure 7.



Figure 7. Corrosion of fittings in foundation wells for props

Cracks on the surface of the foundation are shown in Figure 8.



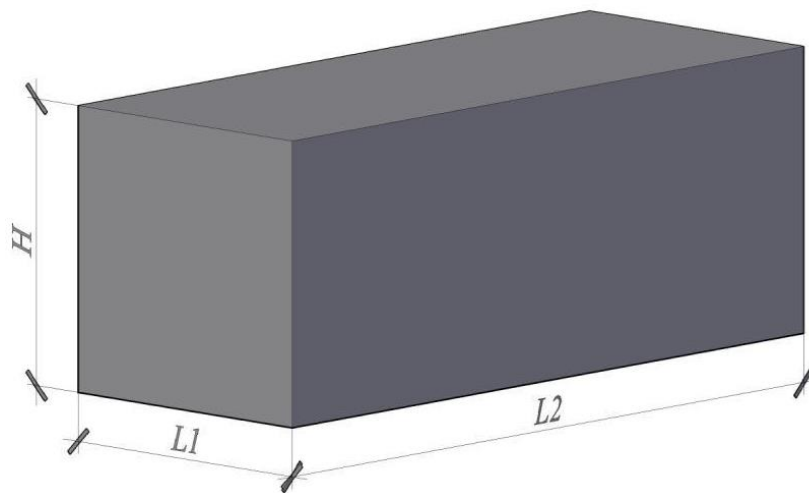
Figure 8. Cracks in the surface of the MF#4 foundation

Voids underneath the bottom of the MF#3 foundation are shown in Figure 9.

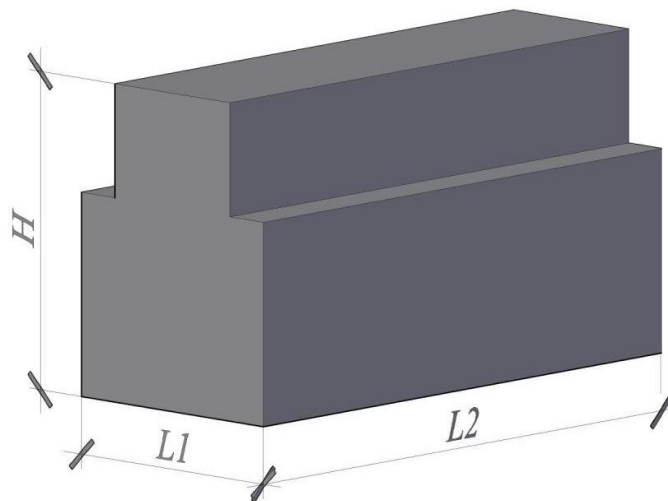


Figure 9. Voids underneath the bottom of the MF#3 foundation

Determination of actual strength of reinforced concrete monolithic structures conducted by KGS LLP testing laboratory was carried out by non-destructive method, using IPS-MG4 device (electronic concrete strength meter) according to Figure 10.



Фундаменты МФ №1, №4												
L ₁ =5,8м		L ₂ =16м				L ₁ =5,8м		L ₂ =16м				H=2,3м
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	



Foundations МФ №2, №3							
L ₁ =3,2m		L ₂ =13,8m				H=2,6m	
25	26	27	28	29	30		
19	20	21	22	23	24		
13	14	15	16	17	18		

7	8	9	10	11	12	
1	2	3	4	5	6	

Figure 10. Dimensioning the monolithic foundation along the edges

The results of the investigation presented in Table 1 showed that the concrete strength corresponds to the required design strength.

Table 1. Comparison of actual and design concrete strength

Item brand	Required design strength of concrete		Average actual concrete strength		Safety margin, %	
	R _b , MPa	Concrete grade	R _b , MPa	Concrete grade		
Monolithic foundations					Monolithic foundations	
MF#1(1-12)	32,7	B25	32,9	B25		1
MF#1(13-24)	32,7	B25	33,0	B25		1
MF#1(25-36)	32,7	B25	36,0	B27,5		9
MF#1(37-48)	32,7	B25	36,6	B27,5		11
MF#1(49-60)	32,7	B25	42,2	B30		23
TOTAL:						
Average safety margin of MF No. 1						9%
MF#2(1-6)	32,7	B25	36,0	B27,5		9
MF#2(7-12)	32,7	B25	36,4	B27,5		10
MF#2(13-18)	32,7	B25	41,5	B30		21
MF#2(19-24)	32,7	B25	41,1	B30		20
MF#2(25-30)	32,7	B25	36,3	B27,5		10
TOTAL:						
Average safety margin of MF No. 2						14%
MF#3(1-6)	32,7	B25	40,3	B30		19
MF#3(7-12)	32,7	B25	36,0	B27,5		9
MF#3(13-18)	32,7	B25	36,6	B27,5		11
MF#3(19-24)	32,7	B25	29,3	B20		-12
MF#3(25-30)	32,7	B25	36,5	B27,5		10
TOTAL:						
Average safety margin of MF No. 3						7,4%
MF#4(1-12)	32,7	B25	41,5	B30		21
MF#4(13-24)	32,7	B25	41,4	B30	21	
MF#4(25-36)	32,7	B25	42,5	B30	23	

MF#4(37-48)	32,7	B25	36,8	B27,5	11
MF#4(49-60)	32,7	B25	36,6	B27,5	11
TOTAL:					
Average safety margin of MF No. 4					17,4%

According to the actual concrete strength test results, concrete grade B25 M350 has a safety margin:

- for MF#1 was 9%;
- for MF#2 was 14%;
- for MF#3 was 7.4%;
- for MF#4 was 17.4%.

which indicates that the concrete of the monolithic foundations has sufficient strength.

Conclusion

The assessment of the reliability and quality of the monolithic foundations has been carried out in accordance with GOSTs and SNIps of RK [1-3].

Visual and instrumental inspection of the monolithic foundations (MF#1, MF#2, MF#3, MF#4) did not reveal any serious damages and deviations from GOSTs. All foundations have defects in the form of spalling, delamination, cracks, in some parts the armature is bare.

The actual concrete strength of the monolithic foundations corresponds to the design strength.

According to the results of determining the protective layer of concrete, the maximum deviation was +5-8 mm, which corresponds to the requirements [2].

The inspection of the monolithic foundations for continuity showed the absence of cracks and voids within the bodies of the foundations.

References

1. Report on the results of the technical inspection of reinforced concrete structures at the facility: "Reconstruction of the Russian Federation Border Road to Yekaterinburg - Almaty km 1114-1137 (overpass)", KGS Ltd., 2012.
2. СП РК EN 1997-2:2004/2011 «Геотехническое проектирование. Часть 2. Исследования и испытания грунта».
3. Teltayev, B.B., Zhussupbekov, A., Shakhmov, Z., Suppes, E.A. Field experimental investigations of freezing and thawing of highway subgrade // Lecture Notes in Civil Engineering, Volume 49, 2020 – P. 35–47.

Ж.А. Шахмов, Г.Т. Тлеуленова, Е.Б. Утепов

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

Қазақстанның инженерлік-геологиялық жағдайында құбырдың негізін зерттеу

Аңдатпа. Жұмыстың мақсаты – эстакаданың іргетасын тексеру нәтижелерімен таныстыру және ақаулардың себептерін анықтау. Бұл Қазақстан сияқты үлкен және кең аумақты елдер үшін өте өзекті міндет. Бұл аймақ Еуразияның орталығында орналасқан, мұнда Еуропа мен Азия елдері арасындағы көптеген халықаралық маршруттар көне заманнан бүгінгі күнге дейін кесіп өткен. Негізгі халықаралық автомобиль жолдарының бірі Екатеринбург – Алматы (2336 км) Ресей мен

Қазақстан арасындағы негізгі көлік бағыттарының бірі болып табылады. Бұл жол 2013 жылы қарқынды түрде қалпына келтірілді. Екатеринбург-Алматы жолының 1114-1137 км учаскесінде жол өтпесі салынды. Өкінішке орай, құрылыс барысында тоқтаулар болды. Сондықтан құрылысты жалғастырмас бұрын құрылымдардың іргетасын, жер асты топырақтарын тексеру ұсынылады. Жол өткелі Ақмола облысының Жалтыр ауылында орналасқан

Түйін сөздер: тас жол; эстакада; деформация; түсіру, іргетас, ақаулар.

Ж.А. Шахмов, Г.Т. Тлеуленова, Е.Б. Утепов

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

Обследование основания путепровода в инженерно-геологических условиях Казахстана

Аннотация. Цель работы - представить результаты обследования фундаментов путепровода и определить причины дефектов. Это особенно актуальная задача для стран с большой и разветвленной территорией, таких как Казахстан. Этот район расположен в центре Евразии, где с древних времен до наших дней пересекались многие международные маршруты между Европой и азиатскими странами. Одной из главных международных магистралей является Екатеринбург - Алматы (2336 км), основной транспортный маршрут между Россией и Казахстаном. Эта дорога была интенсивно реконструирована в 2013 году. Путепровод был построен на участке 1114-1137 км автодороги Екатеринбург - Алматы. К сожалению, в процессе строительства произошел простой. Поэтому предлагается осмотреть фундаменты сооружений, грунт земляного полотна, прежде чем продолжать строительство. Путепровод расположен в селе Жалтыр Ақмолинской области.

Ключевые слова: шоссе, путепровод, деформация, обследование, фундаменты, дефекты.

References

1. Report on the results of the technical inspection of reinforced concrete structures at the facility: "Reconstruction of the Russian Federation Border Road to Yekaterinburg - Almaty km 1114-1137 (overpass)", KGS Ltd., 2012.
2. СП РК EN 1997-2:2004/2011 «Геотехническое проектирование. Часть 2. Исследования и испытания грунта.
3. Teltayev, B.B., Zhussupbekov, A., Shakhmov, Z., Suppes, E.A. Field experimental investigations of freezing and thawing of highway subgrade // Lecture Notes in Civil Engineering, Volume 49, 2020 – P. 35–47.

Information about authors:

Zh. Shakhmov – PhD, associate professor, Department of Civil Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

G. Tleulenoova – PhD, acting associate professor Department of Civil Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Ye. Utepov – PhD, professor, Department of Civil Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

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

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

Е.Б. Утепов – PhD, профессор, құрылыс кафедрасы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

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

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

Е.Б. Утепов – PhD, профессор, кафедра строительство, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Ж.Б. Ахаева^{1,2,3*}, А.Б. Закирова², Г.Б. Толегенова^{1,2}, Л.С. Алдашева³

¹ Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

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

³ Astana IT University, Астана, Қазақстан

E-mail: *ahaeva07@mail.ru

Смарт қаланың ТКШ ресурстарын нақты уақыт режимінде жедел басқару үшін мультиагенттік жүйені әзірлеу

Аннотация. Мақалада нақты уақыт режимінде смарт қаланың ТКШ ресурстарын басқаруға арналған мультиагенттік жүйені әзірлеу принциптері сипатталған. Мультиагенттік жүйе жұмыс процесінде туындайтын күтпеген оқиғаларға икемді жауап беруге, ТКШ персоналы мен техникасының нақты уақыттағы жұмысын жоспарлауға, оңтайландыруға және бақылауға мүмкіндігін береді. Сонымен қатар, адаптивті ресурстарды жоспарлау әдісі, негізгі функциялары, архитектурасы және жүйенің интерфейсі ұсынылған. Интеллектуалды жүйені енгізу арқылы жұмысты оңтайлы уақытта орындауға мүмкіндігін беретіні көрсетілген.

Түйін сөздер: смарт қалалар, мультиагенттік жүйе, ТКШ (тұрғын үй-коммуналдық шаруашылығы), жедел жоспарлау, үлкен деректер.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-127-136

1. Кіріспе

Мультиагенттік жүйе ТКШ жұмысының тиімділігін арттыруға бағытталған. Кез-келген Смарт қала жағдайында туындайтын оқиғаларға байланысты қоршаған ортаның өзгеруіне жауап ретінде деректерді алу және өңдеу арқылы жүзеге асырылады. Нәтижесінде жүйе нақты уақыт режимінде ресурстарды бөлу, жоспарлау, оңтайландыру, мониторинг және жұмысты бақылау процестерін бір уақытта жүзеге асыруы қажет. Жүйені үнемі жаңашылдықпен, үйлер мен көшелердің орналасуының едәуір күрделілігімен, сондай-ақ нақты уақыт режимінде болжанбайтын оқиғаларға реакция кезінде бейімделуді қажет ететін ауа-райының өзгеруінің жоғары динамикасымен сипатталатын Смарт қалаларда қолдануға болады. Жүйе сонымен қатар ауа-райының нақты дерекқорын, жабдықтар мен жұмысшылардың санын, сондай-ақ қажетті жұмыстардың уақтылы орындалуын қамтамасыз ету уақытын құру үшін пайдалы, бұл жабдықтың істен шығуын, ауа-райына байланысты жұмыстың кешігуін және т.б. қамтитын кез келген оқиғалар үшін дәлірек және физикалық орындалатын жоспарларды құруға мүмкіндік береді.

2. Мультиагенттерге негізделген жоспарлау әдісі

Пакеттік режимде жұмыс істейтін ұйымның ресурстарын жоспарлаудың дәстүрлі жүйелерінен айырмашылығы (күнделікті, апталық, айлық жоспарлау циклдары шеңберінде), ұсынылатын жүйе пайда болған оқиғаларға байланысты нақты уақыт режимінде серверде үнемі жұмыс істеп, нақты уақыт режимінде алынған мәліметтер әсер ететін таңдалған ресурстарды бейімдеп қайта жоспарлауға мүмкіндік береді. Нақты уақыттағы оңтайлы жоспарлаудың бұл әдісі типтік жабдық кластарын, өнім құрылымының сипаттамаларын және технологиялық процестерді (байланысты операциялар жиынтығын), жұмысшылардың дағдыларын және т.б. қамтитын онтологияны қолданатын мультиагенттік жүйеге [1] негізделген.

Оңтайлылық - тіпті «кішігірім» оқиға «тұрақсыз тепе-теңдікте» болатын жоспарлардағы күтпеген ұзақ өзгерістер тізбегін туындатуы мүмкін (жүйе ешқашан тоқтамайды) деген мағынаны береді. Бірақ іс жүзінде бұл «өзгеріс толқындары» агенттердің виртуалды нарығындағы сыйақылар мен айыппұлдармен шектеліп, белгілі бір қадамдардан кейін тез сөніп қалуы немесе тоқтатылуы мүмкін.

Жұмыс жоспары классикалық комбинаторлық іздеу түрінде алынған статикалық деректер файлы ретінде ғана емес, сонымен қатар қақтығыстарды анықтау және агенттермен келіссөздер жүргізу арқылы қол жеткізілген агенттер процесіне қатысатын қажеттіліктер мен мүмкіндіктердің мүдделерінің тепе-теңдігі ретінде құрылады. Келіссөздер барысында жүйе жоспарлардың ағымдағы жай-күйі мен ауа райы жағдайларын, тәулік уақыты мен көше құрылымын, және жұмысшылар санын, жабдықтардың, материалдар мен құралдардың қолжетімділігін, жұмыстың реттілігі мен операциялардың орындалу уақытын ескереді.

Қажет болса, әкімші кез — келген уақытта жоспарға белсенді түрде араласып, жоспарлауды қолмен жетілдіре алады («drag & drop» - «тарту және лақтыру» қағидасы бойынша), ал барлық тәуелді операциялар үшін жоспар автоматты түрде өзгертіледі. Қызметшілерге арналған жоспарлау нәтижелері менеджерлер мен жүргізушілер және жұмысшылармен интерактивті байланыс мүмкіндігін қолдайтын сенсорлық терминалдарда көрінеді.

Бұл мүмкіндіктердің барлығы жоспарлаудың күрделілігін едәуір азайтуға, оны жылдамдығын арттыруға, онымен барабар және дәл сенімді етуге, сонымен қатар пайдаланушыға ыңғайлы етуге мүмкіндік береді.

3. Жүйенің құрылымы және интерфейсі

Оңтайлы жоспарлау жүйесі (2 сурет) агенттер арасындағы ұйымдастыру және коммуникация үшін виртуалды нарық тұжырымдамасын, сондай-ақ пәндік сала туралы білімді ұсыну және жоспарлау процесінде туындайтын жағдайлардың (көріністердің) үлгілерін сипаттау үшін онтологияны пайдаланатын мультиагенттік технологиялар негізінде құрылған [1].

Мультиагенттік технологиялардың мәні классикалық математикалық әдістермен шығара алмайтын, шешімі күрделі есептерді шешудің түбегейлі жаңа әдісі болып табылады.

Есепті шешудің классикалық әдісінен айырмашылығы, есептің ең жақсы шешімін табуға мүмкіндік беретін нақты анықталған (детерминирленген) алгоритм бойынша шешім нұсқаларын комбинаторлық іздеу жүргізілген кезде, мультиагенттік технологияларда мәселені шешу бәсекелестік пен кооперацияға қабілетті және өзіндік критерийлері, қалаулары мен шектеулері бар көптеген бағдарламалық агенттердің өзін-өзі ұйымдастыруы арқылы алынады. Агенттер өздерінің детерминирленбеген өзара әрекеттесуі кезінде мәселені шешу үшін қабылданатын жақсартылмаған консенсусқа (уақытша тепе-теңдік немесе мүдделер тепе-теңдігі) қол жеткізген кезде шешім табылды деп саналады.

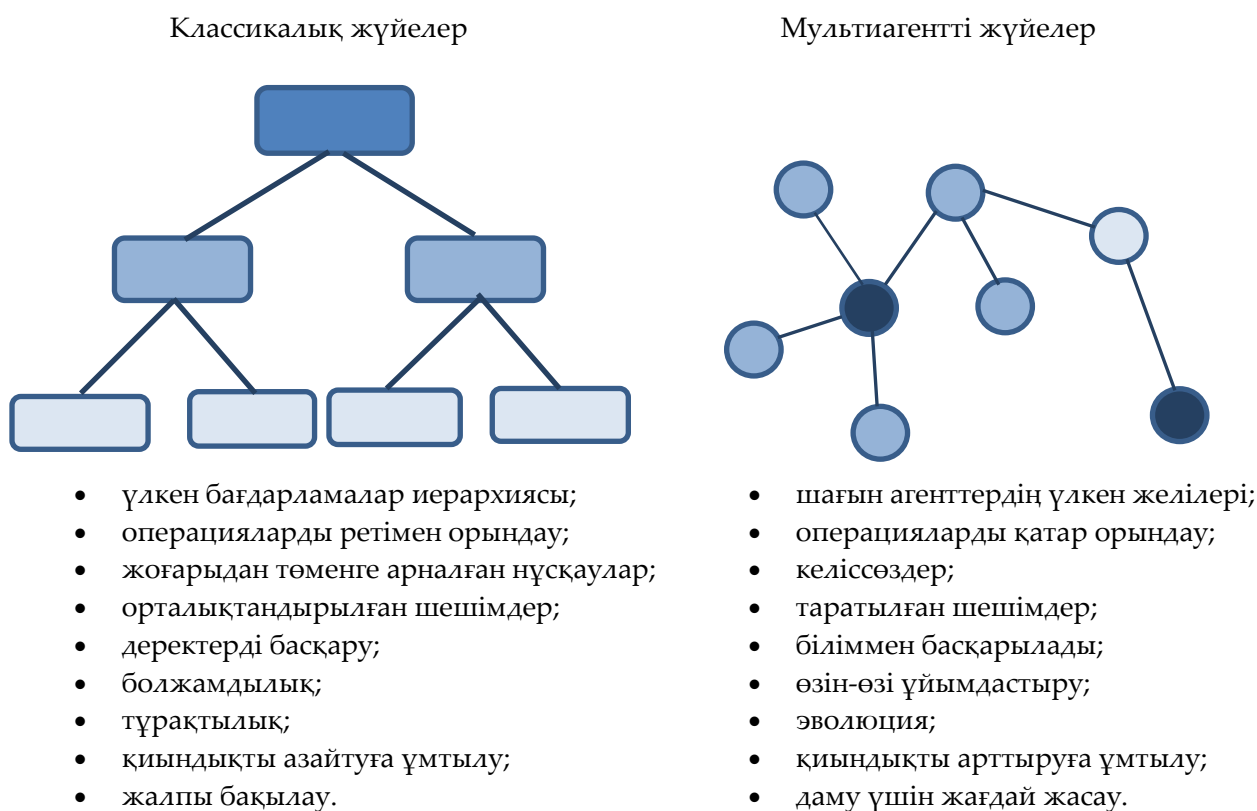
Мұндай жүйелердегі мәселені шешу әрқашан жүйенің динамикалық тоқтауы ретінде алынған уақытша «тепе-теңдік» (тұрақты немесе тұрақсыз тепе-теңдік) ретінде қарастырылады, егер агенттердің ешқайсысы бұдан былай өз жағдайын жақсартпа алмаса, тіпті егер агенттердің бір бөлігі толық қанағаттандырылмаған болса да, бұл ақылға қонымды ымыраға келуді, мүдделер тепе-теңдігін немесе проблемалық жағдайды шешуде барлық қатысушылардың келісімін (үйлесімділігін) көрсетеді.

Заттар интернетінде жоспарланғандай агенттер мүмкіндігінше көп факторлардың тепе-теңдігін табу үшін адамның атынан да, сонымен қатар кез келген физикалық және дерексіз нысандар атынан да әрекет ете алады.

Агент түсінігінің көптеген анықтамалары бар, бірақ бағдарламалық агенттің негізгі белгілері төмендегідей:

- автономдық; автономдыққа ие, яғни өзінің алдына мақсат қойып, оған қол жеткізе алады;

- айналасындағы өзгерістерге жауап бере алады, шешім қабылдайды және мақсатына жету үшін оларды орындайды;
 - әлеуметтілік: басқа агенттермен немесе пайдаланушылармен белсенді әрекеттеседі.
- 1 суретте мультиагентті технологияның негізгі айырмашылықтары келтірілген.



1 сурет. Мультиагентті технологияның негізгі айырмашылықтары

Нақты әлемдегі әрбір бастаманың мультиагенттік моделінде осы бастаманың мүдделерін білдіретін және өз шешімдерін басқа агенттермен үйлестіре алатын бағдарламалық агент сәйкес келеді.

Өзін-өзі ұйымдастырушы жүйелерді құруға мүмкіндік беретін мультиагенттік технологиялардың артықшылықтары, әсіресе, қоршаған әлемнің белгісіздігі мен жоғары динамикасы жағдайында көрінеді. Яғни нақты уақыт режимінде оқиғаларға негізделген өз жоспарларын қайта құра алатын бейімделгіш жүйелерді құруға мүмкіндік береді.

Сонымен, жоспарлау мен оңтайландырудың классикалық әдістерінде барлық тапсырыстар мен ресурстар алдын-ала беріліп, мәселені шешу барысында өзгермейді деп саналады, ал комбинаторлық жарылысты болдырмау немесе мәселені шешудің экспоненциалды жылдам баяулауын болдырмау үшін мәселенің өлшемі айтарлықтай шектеледі.

Бастапқы жағдайда ұсынылып отырған әдістер мен алгоритмдерде есепті шешуге үлестірілген тәсіл қолданылады, мұнда күрделі тапсырма көптеген ұсақ тапсырмаларға бөлінеді, содан кейін алынған шешімдер арасындағы қайшылықтар өзін-өзі ұйымдастыру арқылы шешіледі. Сонымен қатар, бұл жүйе жалғыз жаһандық шешімді іздемейді, бірақ көптеген параллель және асинхронды өзара әрекеттесулердің арқасында түрлі және жиі қарама-қайшы критерийлердің болуына қарамастан, кез-келген өлшемдегі мәселелерде рұқсат етілген ұтымды шешімді тез табады [2].

Қажеттіліктер мен мүмкіндіктер желісі агенттерінің әлемі (ПВ-желі)/виртуалды нарық-агенттер кластарының нұсқалары іске қосылатын және орындалатын ПВ-желі агенттерінің жұмыс

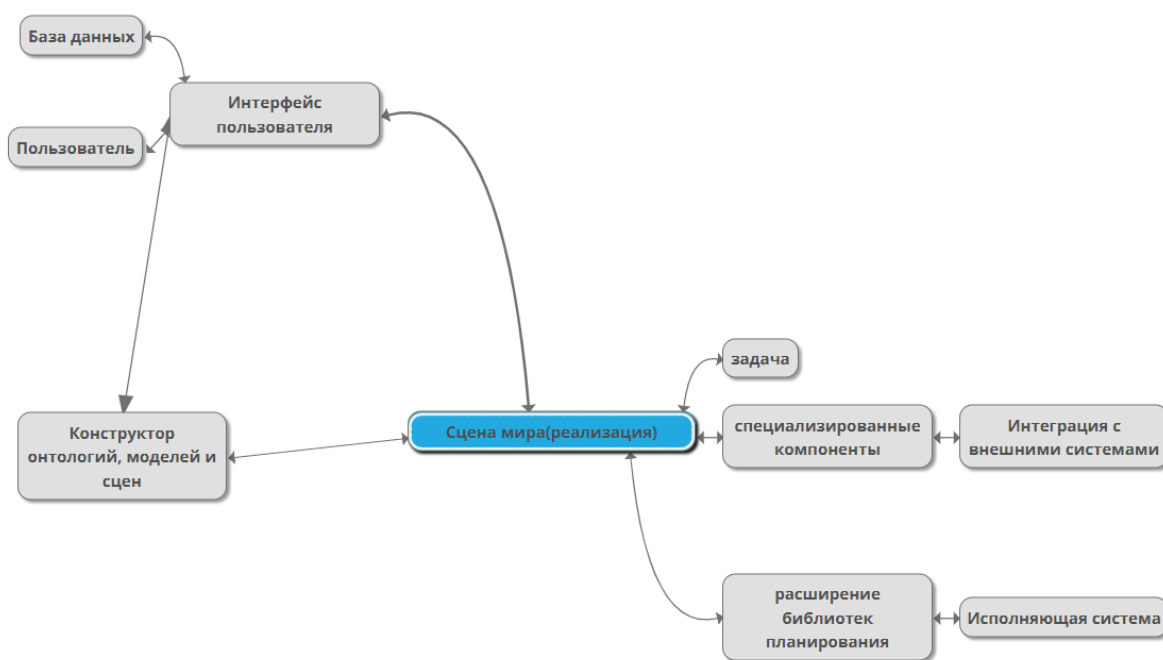
орны. Агенттер атқарушы жүйені басқара отырып, әлемде құрылуы және жойылуы, әлемде болуы, хабарламаларды қабылдауы және жіберуі, ақпаратты оқу үшін сахнаға шығуы, ақпаратты сахнаға жазуы, оқиғаларға жазылуы және хабарландырулар алуы және т.б. сияқты мүмкіндіктерге ие.

Онтология — бастапқы жағдайлардың модельдерін құру немесе оларды түзету үшін қолданылатын пәндік саланың білім моделін көрсететін деректер құрылымы. Пәндік салаға мамандандырылған ұғымдар мен қатынастар, сондай-ақ әрбір жеке ұйым үшін арнайы кеңейтімдермен толықтырылуы мүмкін.

Жүйенің құрылымы төрт негізгі деңгейден тұрады: платформа, өнім, пәндік аймақ және қосымша(2 сурет).

Орындаушы жүйе-бір күйден екінші күйге ауысқан кезде агенттер бағдарламаларының асинхронды орындалуын қамтамасыз ететін ішкі жүйе (агенттер менеджері) және агенттер арасындағы хабарламаларды беру, бұл жерде агент оқиғаларды өңдеуге «кванттық» уақыт алады және келесі агенттерді ілгерілету үшін басқаруды диспетчерге қайтарады, яғни агенттер түйіндес бағдарламалар ретінде жұмыс істейді.

Оқиғалар кезегі-сыртқы әлемнен келетін оқиғалардың жинақталуын және оларды дәйекті өңдеуді қамтамасыз ететін ішкі жүйе. Жүйе оқиғалармен басқарылып, әр бір оқиға оның келу уақытының белгісін сақтайды. Оқиғалардың өңдеуге түсу тәртібі келесі оқиға алдыңғы оқиғаны өңдеу аяқталғаннан кейін келген кезде реттеледі, бірінші кезекте басым оқиғалар таңдалады және т.б.



2 сурет. Жүйенің құрылымы

Орындау жүйесі агенттердің жұмысын және олардың өзара әрекеттесуін қамтамасыз ететін компоненттер жиынтығын көрсетеді. Орындаушы жүйенің негізінде параллель процестерді қолдау және оларды синхрондаудың тиісті тетіктері бар агенттердің жұмыс сценарийлерін орындауды жүзеге асыратын параллель машина жатыр. Әр агент үш бағдарламаның жиынтығы ретінде қарастырылады: қоршаған ортадағы жағдайдың өзгеруіне байланысты бір-бірімен оңай ауыса алатын сценарийлерді қабылдау, оларды жоспарлау және орындау. Сонымен қатар, агенттер арасында хабар алмасуды, пайдаланушымен өзара әрекеттесуді

және т.б. қолдауға байланысты компоненттері кездеседі.

Онтология конструкторы-бастапқы көріністі қолмен реттеуге немесе жұмыс барысында оған өзгерістер енгізуге мүмкіндік береді.

Жоспарлау кітапханалары-ПВ желісі агенттері кластарының жұмысын және олардың виртуалды нарықтағы келіссөздерін қамтамасыз ететін негізгі және мамандандырылған компоненттерден тұрады (мысалы, қақтығыстарды анықтау, қабаттасу аймақтарын анықтау, ауысымдарды есептеу және т.б.), жағдайдың формальды моделін қамтитын сахнаға қол жеткізу, сондай-ақ агенттердің критерийлерін, қалаулары мен шектеулерін серпімді өңдеу, қолдау агенттердің міндеттері және басқа функцияларын қамтитын көрініс.

Мамандандырылған компоненттер және үшінші тарап жүйелерімен интеграция- пәндік аймақ үшін қосымша функцияларды орындауға мүмкіндік беретін компоненттер (мысалы, машиналар үшін карта қашықтығын есептеу және т.б.).

Әлемдік көріністер-сыртқы әлемдегі жағдайдың ресми моделін қамтитын негізгі мәліметтер құрылымын онтология арқылы нақтылауға және мәселелермен түзетуге болады. Көріністе жағдайдың бастапқы сипаттамасы болады, ол одан әрі біртіндеп келіп түскен оқиғаларды ескере отырып, мәселені шешуге айналады. Нәтижесінде көріністе пайдаланушыға арналған жаңа іс-қимыл жоспары пайда болады (техника жүргізушісі, тазалаушы, жұмысшы және т.б.).

Дерек қоры-бастапқы және аралық көріністерді, сондай-ақ мәселені шешу нәтижесі бар көріністерді сақтауға мүмкіндік береді.

Үлкен деректер – заттар интернетінен келетін деректер (ауа райы жағдайлары, жауын-шашын және т.б.).

Жоспарлау жүйесінің негізгі логикасы ауа-райы жағдайлары, тәулік уақыты, жұмысшылар саны, техника, материалдар саны және т.б. атынан жұмыс істейтін агенттердің құрамында жүзеге асырылады. Өмірлік цикл процесінде агенттер оқиғаларға жауап бере алады, сонымен қатар проблемаларды анықтап, оларды шешуге тырысып, белсенді жұмыс істейді.

Өзірленген негізгі агенттердің тізімі 1 кестеде келтірілген.

1 кесте. Агенттердің негізгі кластары

Агенттің аты	Агент сипаттамасы	Атрибуттар
Тапсырма	Тапсырма іске асырудың ең жақсы мүмкіндіктерін іздейді	Артықшылық, мерзім, басқа мәліметтер
Ұйымдастырушы	Жүйе тиімділігінің негізгі көрсеткіштеріне қол жеткізуге және жақсартуға тырысады, жағдайды бақылайды, стратегияны өзгертеді, процеске қатысушы тараптардың келісілуін қамтамасыз ету үшін шектеулер мен артықшылықтарды енгізеді	Ұйымдастыру, күтілетін нәтижелер мен көрсеткіштер
Қызметкер	Барлық жұмыс уақытында бос емес болғысы келеді, сонымен қатар біліктіліктің жоғары деңгейіне жету үшін жұмыс дағдыларын жетілдіргісі келеді	Ұйымдастыру, жоспар, мүмкіндіктер, өнімділік

Агент шешім қабылдауы үшін мақсатқа жету мүмкіндігін анықтайтын ережелері қажет. Атап айтқанда, мүмкіндік агенті белгілі бір қажеттіліктің болуы туралы біліп, оның параметрлерін осы қажеттіліктің параметрлерімен салыстыруы керек. Егер параметрлер белгілі бір шартты қанағаттандырса, онда мүмкіндік агенті қажеттілік агентімен байланысын жүргізе алады, егер жоқ болса, басқа қажеттілікті іздестіреді (және керісінше). Агенттердің әрқайсысының шешімі бірнеше балама нұсқалар болған кезде олардың әрқайсысында жеке белгіленетін

мақсаттар негізінде қабылданады.

Ресми түрде біз N түрінің жиынын туындаушы PV желісі деп атаймыз (1):

$$N=\{A,R,P,G\}, \quad (1)$$

мұнда A - берілген пәндік сала үшін қажеттіліктер мен мүмкіндіктер агенттерінің жиынтығы,

R - қажеттіліктер мен мүмкіндіктер агенттері арасындағы қатынастар жиынтығы;

P - шешім қабылдау және байланыс орнату/үзу ережелерінің жиынтығы;

G - агенттерге қойылған мақсаттар жиынтығы.

PV -желісінің S жүзеге асырылуы N агенттердің күйін ашық жүйенің қажеттіліктері мен мүмкіндіктерін және олардың арасындағы белгілі бір уақыттағы қатынастарды көрсететін PV - желісінің тағайындалған конфигурациясы (сахнасы) деп аталады. Жұмыс барысында жүйе S1 күйінен S2 күйіне P ережелерін қолдана отырып және G мақсаттарына негізделіп өтеді.

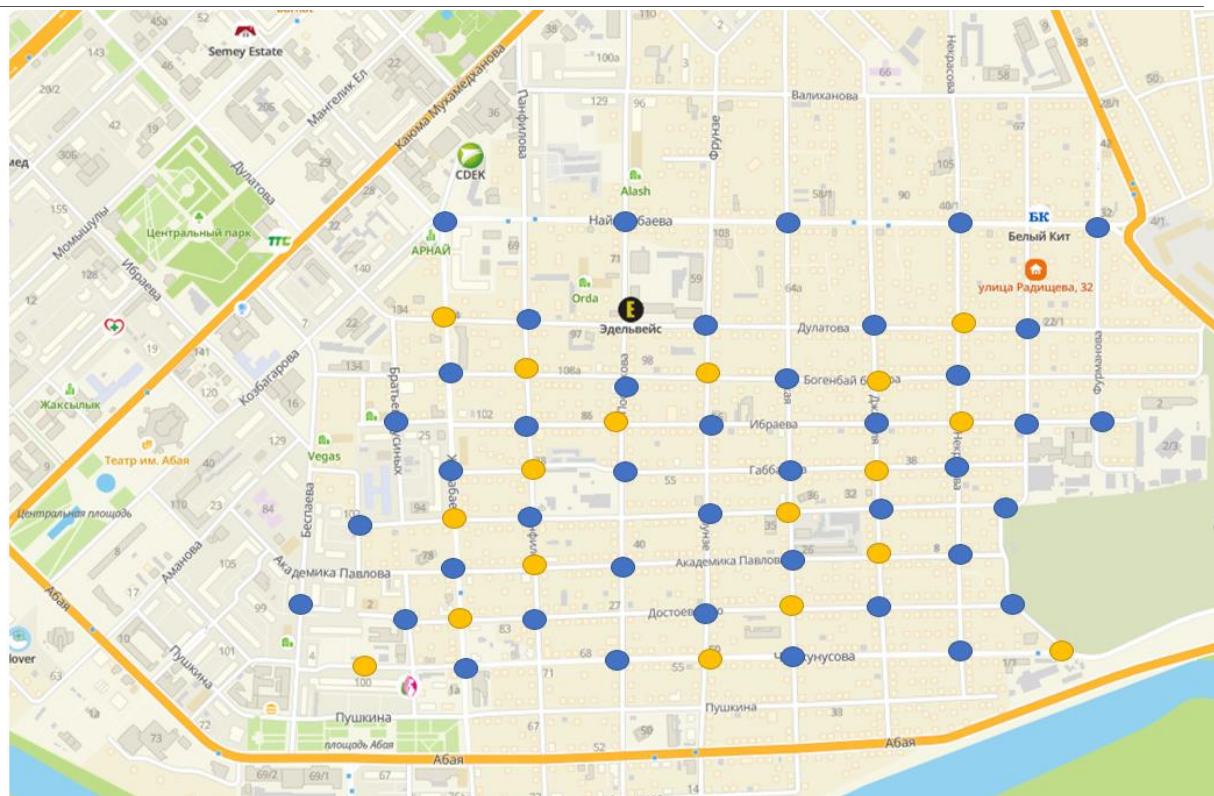
Қала жоспары бұл тапсырма мен операцияларды, операциялар мен жұмысшыларды және т.б. байланыстыратын жоспарлау онтологиясының объектілері мен қатынастарының семантикалық желісі түрінде қалыптасатын әлем көрінісін көрсетеді (3 сурет). Байланыс деректерін агенттер үнемі зерттеп, комбинаторлық іздеуді шектеуге және жоспардың «топологиясын» (операциялар байламдарын) талдау арқылы қолайлы нұсқаларды табуға көмектеседі.

Экранда ағымдағы күйі бар барлық көшелер мен жұмысшылар және оларды көрсету үшін әртүрлі сүзгілер жүйеде көрсетіледі. Жұмыстың типтік мәртебесі: басталмайды, жоспарланбайды, басталады, орындалады, дайындық процесінде, тоқтатылады, кешіктіріледі, кейінге қалдырылады және т. б. тұрады.

Оқиға кезегі пайдаланушыларға жаңа оқиғалар туралы ақпаратты енгізуге және жаңа тапсырманы өндіріске енгізу сияқты қайта жоспарлау процесін бастауға мүмкіндік береді. Өңдеу операциялары арасындағы байланысты Гант пен Перт диаграммаларының комбинацияларында көрсетіледі. Пайдаланушы кез-келген операцияны таңдай алады және «drag&drop» әдісін қолдана отырып, оны бір жұмысшыдан екіншісіне сүйреп апара алады, операцияларды біріктіріп немесе бөліп, оқиға жоспарын реттей алады, яғни бұл бүкіл жұмыс жоспарында тиісті автоматты өзгерістер тізбегін тудырады. Егер қызметкер операцияны орындау үшін жеткілікті дағдыларға ие болмаса, кідірістер немесе басқа мәселелер туындаған жағдайда жүйе бұл операцияны қызыл түспен бөліп, пайдаланушыға ескерту хабарламасын жібереді.

Осы бағдарламаны енгізу үшін сараптамалық, әдіснамалық және зерттеуді іске асыруға ақпараттық жәрдемдесу үшін құзыреттілік орталығын құру қажет.

Деректер аудан картасында орналасқан датчиктерден келеді (3 сурет).



3 сурет. Аудан картасы

Олар мультиагенттік жүйелердің көмегімен өңделетін құзыреттілік орталығына түседі (4 сурет).



4 сурет. Құзыреттер орталығы

Мультиагенттік жүйенің міндеті болып, мүмкіндігінше көп деректерді өңдеу, тапсырманы шешудің ең оңтайлы нұсқасын беру және нақты уақыттағы деректер өзгерген кезде жаңарту мүмкіндігі айтылады.

4. Қорытынды

Мақалада шешім қабылдау процестерінде ақпаратты өңдеудің тиімділігін арттыру мақсатында ашық мультиагенттік жүйелерді құрудың теориялық негіздері мен бағдарламалық құралдарын құрудың ғылыми мәселесі қарастырылған.

Оны шешудің ұсынылған тәсілінің мәні ашық жүйенің қажеттіліктері мен мүмкіндіктерін анықтау және сыртқы ортадағы өзгерістер кезінде осы желіні автоматты түрде қайта конфигурациялау үшін ПВ желілерін әзірлеу болып табылады. ПВ желісін құру мен қайта конфигурациялаудың әзірленген принциптері бағдарламалық агенттердің өзара әрекеттесуінің ұсынылған әдістерімен арнайы білім базалары (онтологиялары) бар осы желілердің элементтерімен, сондай-ақ қажеттіліктер мен мүмкіндіктерді сәйкестендіру және келісілген шешімдер қабылдау құралдарымен жүзеге асырылады. Ақылды қалаларда әзірленген әдістер мен құралдарды қолдану шешім қабылдау процесінде ақпаратты өңдеудің жеделдігін едәуір арттыруға және сол арқылы шешімдердің сапасы мен тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Мультиагентті технологияларға негізделген интеллектуалды жүйелерді дамыту нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді:

- Бұрын автоматтандырылмаған күрделі тапсырмалар шешілуде;
- Шешім нәтижелері адамның шешімімен салыстырылатын сапаны береді;
- Бастапқы шешім тиімді (сызықтық немесе көпмүшелік) құрылады;
- Іс-шаралар бойынша нақты уақыт режимінде жұмыс жүргізіледі;
- Пайдаланушымен диалогта мәселені шешу мүмкіндігі қамтамасыз етіледі;
- Өте күрделі есептерді шешу үшін есептеулерді оңай параллельдеуге болады.

Нәтижесінде, мультиагенттік технологиялар жоғары ашықтығымен, икемділігімен және тиімділігімен, өнімділігімен, масштабталуымен, сенімділігімен және өміршеңдігімен ерекшеленетін жаңа буынның зияткерлік жүйелерін құруға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Skobelev P. Towards autonomous AI systems for resource management: Applications in industry and lessons learned. Proceedings of the 16th International Conference on Practical Applications of Agents and Multiagent Systems (PAAMS 2018), Toledo, Spain, 20-22 June, 2018. Advances in Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Complexity. Eds. Y. Demazeau, et al. Springer, 2018, LNAI 10978, pp. 12–25. <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnoe-multiagentnoe-planirovanie-proizvodstvennyh-resursov-na-osnove-ontologii> (жүгінген күні: 12.12.2022).
2. URL: <http://www.kg.ru/technology/multiagent/> (жүгінген күні: 12.12.2022).
3. Vos Stefan. Meta-heuristics: The state of the Art. Local Search for Planning and Scheduling / A. Nareyek (ed.) // ECAI 2000 Workshop, Germany. SpringerVerlag, Oct. 2001. Vol. 2148. N 29. P. 1–23.
4. Skobelev P.O. Multi-Agent Systems for Real Time Resource Allocation, Scheduling, Optimization and Controlling: Industrial Application // Proc. of 10th Intern. Conf. on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems (HoloMAS 2011), France, 2011. Springer-Verlag, 2011. P. 5–14.

Ж.Б.Ахаева^{1,2,3*}, А.Б.Закирова², Г.Б.Толегенова^{1,2}, Л.С.Алдашева³

¹Международный университет Астана, Астана, Казахстан²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан³Astana IT University, Астана, Казахстан

Разработка мультиагентной системы для оперативного управления ресурсами ЖКХ смарт города в режиме реального времени

Аннотация. Описаны принципы разработки мультиагентной системы, предназначенной для управления ресурсами ЖКХ смарт города в режиме реального времени. Мультиагентная система обеспечивает возможность гибко реагировать на непредвиденные события, возникающие в условиях рабочего процесса, что позволяет планировать, оптимизировать и контролировать работу персонала и техники ЖКХ в реальном времени. Представлены разработанный метод адаптивного планирования ресурсов, основные функции, архитектура и интерфейс системы. Показано, что внедрение интеллектуальной системы дает возможность выполнить работу в оптимальные сроки.

Ключевые слова: смарт города, мультиагентная система, ЖКХ, оперативное планирование, большие данные.

Zh. Akhayeveva^{1,2,3*}, A. Zakirova², G. Tolegenova^{1,2}, L. Aldasheva³

¹Astana International University, Astana, Kazakhstan²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan³Astana IT University, Astana, Kazakhstan

Development of a multi-agent system for operational management of smart city housing and communal services resources in real time

Annotation. The principles of the development of a multi-agent system designed to manage the resources of the housing and communal services of a smart city in real time are described. The multi-agent system provides the ability to flexibly respond to unforeseen events arising in the working process, which allows you to plan, optimize and monitor the work of personnel and housing and communal services equipment in real time. The developed method of adaptive resource planning, the main functions, architecture and interface of the system are presented. It is shown that the introduction of an intelligent system makes it possible to complete the work in optimal time.

Keywords: smart cities, multi-agent system, housing and communal services, operational planning, big data.

References

1. Skobelev P. Towards autonomous AI systems for resource management: Applications in industry and lessons learned. Proceedings of the 16th International Conference on Practical Applications of Agents and Multiagent Systems (PAAMS 2018), Toledo, Spain, 20-22 June, 2018. Advances in Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Complexity. Eds. Y. Demazeau, et al. Springer, 2018, LNAI 10978, pp. 12–25. <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnoe-multiagentnoe-planirovanie-proizvodstvennyh-resursov-na-osnove-ontologii> (accessed date: 12.12.2022).
2. URL: <http://www.kg.ru/technology/multiagent/> (accessed date: 12.12.2022).
3. Vos Stefan. Meta-heuristics: The state of the Art. Local Search for Planning and Scheduling / A. Nareyek (ed.) // ECAI 2000 Workshop, Germany. SpringerVerlag, Oct. 2001. Vol. 2148. N 29. P. 1–23.
4. Skobelev P.O. Multi-Agent Systems for Real Time Resource Allocation, Scheduling, Optimization and Controlling: Industrial Application // Proc. of 10th Intern. Conf. on Industrial Applications of Holonic

and Multi-Agent Systems (HoloMAS 2011), France, 2011. Springer-Verlag, 2011. P. 5–14.

Авторлар туралы мәліметтер:

Ж.Б. Ахаева – Астана Халықаралық университетінің 3 курс докторанты, Қабанбай батыр даң., 8, Астана, Қазақстан.

А.Б. Закирова – педагогика ғылымдарының кандидаты, информатика кафедрасының доценті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Г.Б. Толегенова – Астана Халықаралық университетінің 3 курс докторанты, Қабанбай батыр даң., 8, Астана, Қазақстан.

Л.С. Алдашева - техникалық ғылымдарының кандидаты, профессордың ассистенті, Astana IT University, Мәңгілік Ел даң., 55/11, Астана, Қазақстан.

Ж.Б. Ахаева – докторант 3 курса Международного университета Астана, пр. Кабанбай батыра, 8, Астана, Казахстан.

А.Б. Закирова – кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатика, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Г.Б. Толегенова – докторант 3 курса Международного университета Астана, пр. Кабанбай батыра, 8, Астана, Казахстан.

Л.С. Алдашева – кандидат технических наук, ассистент профессора, Astana IT University, пр. Мангилик Ел, 55/11, Астана, Казахстан.

Zh. Akhayerova - The 3rd year PhD student at Astana International University, 8 Kabanbay batyr ave., Astana, Kazakhstan.

A. Zakirova – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

G. Tolegenova – The 3rd year Ph.D.student at Astana International University, 8 Kabanbay batyr ave., Astana, Kazakhstan.

L. Aldasheva – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Astana IT University, 55/11 Mangilik El ave., Astana, Kazakhstan.

Factors affecting the cost of grain transportation in Northern Kazakhstan

Abstract: The article considers the factors influencing the cost calculation for the grain transportation in the conditions of Northern Kazakhstan. Grain production is the leading branch of agriculture in Kazakhstan. Therefore, it has great strategic importance in implementing priority state programs aimed at developing the agro-industrial complex and rural regions. In turn, the sustainable development of agriculture is the provision of the food security strategy of Kazakhstan.

The grain industry is costly due to substantial production volumes, the involvement of many human resources, technical support, and transportation.

Minimizing grain transportation costs by identifying factors affecting them will increase competitiveness and accelerate the development of grain logistics. When planning for harvesting and transporting grain, it is necessary to consider the peculiarities of transporting agricultural goods. Finally, implications for pricing, capacity, and understanding the basis of pricing are discussed.

Keywords: transportation costs, grain transportation, load capacity, cargo turnover, wheat, transportation, route.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-137-145

Introduction

Crop production is the basis of agriculture. Crops such as spring wheat, oats, barley, corn, millet, buckwheat, and rice are grown on the territory of the Republic of Kazakhstan.

The main branch of agriculture in Kazakhstan is the production of grain. To date, the total crops of grain occupy about 80% of the sown area of crops. At the same time, as seen in Figure 1, based on the data for three years (2019, 2020, 2021), the main areas for grain production are three regions of Kazakhstan: Akmola, Kostanay, and North Kazakhstan regions, which are adjacent to each other. These regions are distinguished by the presence of chestnut, black soil, forest loamy soils, and a temperate climate [1].

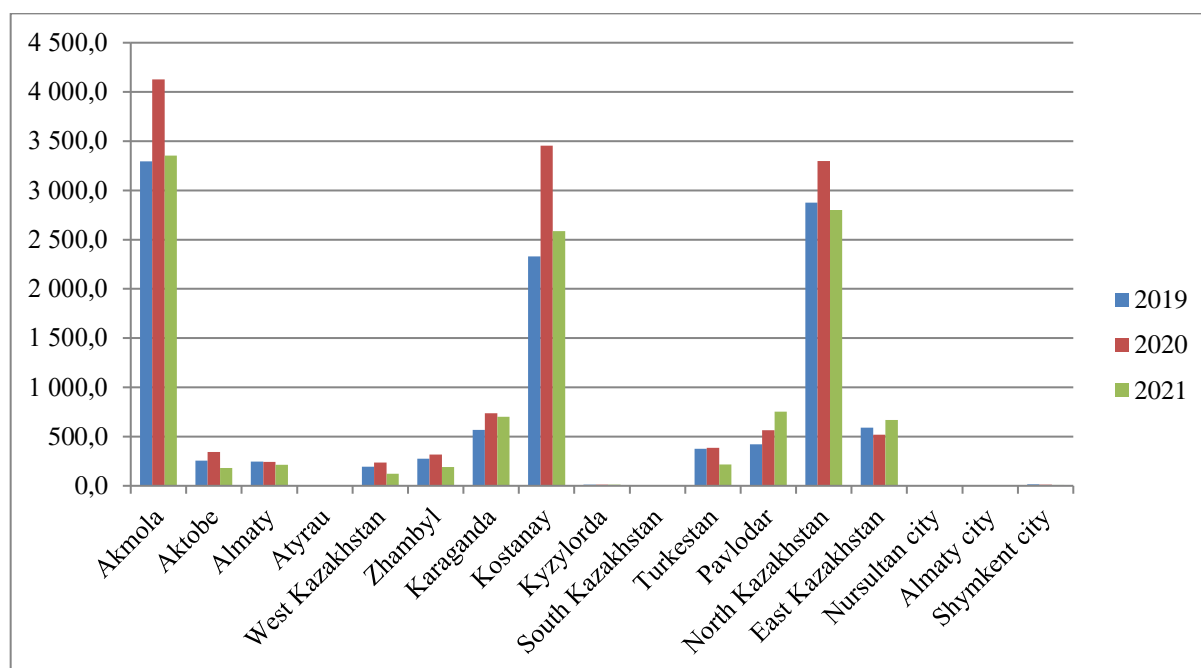


Figure 1. Gross grain harvest (wheat) for 2019-21

The average annual growth rate of gross crop production in the Republic of Kazakhstan for 2012-2020 amounted to 31.6%. In 2020, gross crop production reached 3,606 billion tenge, an increase of 27.9%. The share of crop production in the country's total GDP is 5.1% at the end of 2020. In 2020, investments in agriculture, forestry, and fisheries increased by 12.6% compared to the previous year, amounting to 573 million tenge. The average annual growth rate for the period 2016-2020 equal to 22.8% [1].

At the end of 2020, the main grain-growing regions: North Kazakhstan, Akmola, and Kostanay, sent 242 billion tenge to the industry, which amounted to 42% of the total agricultural investment, forestry, and fisheries. 88% of assets were directed to cultivating one- or two-year-old crops [1].

This amount of work implies a significant role of transport in agricultural production. As a link in a single technological agro-industrial output chain, it provides material flows of various farm products at all stages of production. In addition, it acts as an integrator of the production activities of agricultural, processing, and service enterprises [2].

Reducing the cost of agricultural products and increasing the profitability of enterprises of the agro-industrial complex is possible by reducing the total labor costs for production, transportation, and handling operations, which reach 40-45%, and fuel costs up to 50% [2].

The main tasks of vehicle transport used in the harvesting of grain crops are: timely and safe transportation of grain from specialized machines to granaries; creating conditions for the rational use of harvesting equipment, reducing downtime in the process of loading and unloading vehicles; ensuring traffic safety and fire safety; creating conditions for the introduction of advanced methods of organizing the work of the harvesting and transport process and, on this basis, reducing labor and material costs [2].

To solve the problems of uninterrupted provision of the harvesting and transport process by vehicles, it is necessary to take into account the yield of grain, the area of the harvested territory, the distance from the field to the granary, the number and technical characteristics of each harvester, as well as the carrying capacity of all vehicles involved in grain logistics [2].

Due to the emergence of software and hardware, it has become possible to increase the efficiency of harvesting and transport processes and improve harvesting technologies. So, for example, scientists studying transportation in agriculture found their specific features, the constituent elements of which are characterized by patterns inherent in the conditions of only this transportation. In addition, the operations that make up the transportation process are heterogeneous and differ in duration. Some operations, when combined, create certain stages of this process, each of which performs its tasks. Separate operations and

stages of the process depend on each other (for example, before transporting, it must be loaded, etc.). Thus, this process is multi-stage and multi-operational, with a considerable technological and economic heterogeneity of operations.

Moreover, it is cyclical. This means that the movement of goods is carried out by repeated production cycles, following one after another. The rhythm of these cycles is determined by their frequency, which, in turn, depends on the average duration of one cycle. The cycles of individual transportation processes fluctuate over time [3].

Other researchers solve the task of grain transportation logistics by determining the number of cars and start by assessing the volume of grain transportation from each specific field. Harvesting grain is inseparable from the transport process [2]. When harvesting grain crops, harvesters with storage bins are used, necessitating vehicles' uninterrupted arrival. Therefore, the determination of the required number of vehicles for the transportation of grain from combines must be carried out, taking into account the performance of the technological machine [2].

Thus, the main results of grain transportation research are the development of software products based on which various compilations and modeling of transport and technological processes are possible.

Problem statement

Grain production, as one of the main directions in the agricultural production of Kazakhstan, requires sustainable modernization. The concept "from field to counter" is a complex multi-stage system that includes many factors that affect both the quality of the final product and its cost. One of these factors is the transportation of raw materials.

The aim

The purpose of the study is to consider the features and factors that affect the cost of transporting grain in the conditions of Northern Kazakhstan.

Research methodology

One of the fastest way to increase the efficiency of the use of vehicle transport in agriculture is to improve the system for transporting crops from the fields.

Transportation of agricultural goods has a number of features:

- the main feature is the seasonality of harvesting;
- due to seasonality - significant fluctuations in the volume of traffic, which in turn leads to a change in the need for the number of vehicles;
- high coefficient of repetition of transportations;
- fluctuations in yield;
- uneven distribution of the volume of agricultural production in the regions of the country;
- sometimes severe road conditions, especially in spring and autumn;
- short terms of harvesting and its removal from the fields, which leads to the hard work of road transport.

Cereal crops are transported mainly in bulk. Vehicles are loaded with grain directly at the place of harvesting from the bunkers of combines that move across the field within a particular rectangle.

There are several transportation schemes:

- 1) harvester–threshing-floor - grain-receiving enterprise (elevator);
- 2) harvester - threshing-floor- elevator;
- 3) harvester – threshing-floor.

The need to deliver grain to the threshing-floors is because the main grain receiving points could

be overloaded due to the short harvesting time.

The choice of crop transportation scheme depends on the geography of the harvesting site, the distance to the elevator, and the availability of transport and harvesting equipment.

Also should be considered a factor as the presence of many small non-commercial farms. About 200 thousand agro-formations operate in the agriculture of Kazakhstan, of which 94% are individual entrepreneurs and peasant (farm) enterprises. Small farms mainly produce a small volume of agricultural products. In the structure of gross output, they account for 31%; on average, one peasant farm accounts for 6.9 million tenge.

Further, using the example of one of these medium-sized agro-formations, how the costs of grain logistics are formed could be considered.

Pobeda Taiynsha LLP is located in the North Kazakhstan region, Taiynshinsky district, Chermoshnyanka village. The sown area of the enterprise is 9 thousand hectares. The yield at the enterprise varies on average from 13 to 15 q/ha. On this farm, wheat is subject to transportation.

AkZhar&Co LLP is a grain-receiving enterprise located in the North Kazakhstan region, Taiynshinsky district, the village of Bolshoy-Izyum. It is engaged in accepting, handling, drying, storing, and shipping grain.

1. The average transportation radius is calculated by Formula 1:

$$\pi R^2 = \frac{S_0}{0,8} \cdot 1,5 \quad (1)$$

where R is the average radius of cargo transportation;

S_0 is the area of agricultural land, m²;

0.8 - the average share of agricultural land in the area of land use;

1.5 - increase in the average distance of on-farm transportation due to the inadequacy of the territory, the curvature of roads, and the location of crop rotation fields [5].

2. The average distance from the farm to the elevator is 25 - 30 km.

The route for the transportation of grain crops in the direction of the enterprise - grain-receiving enterprise is shown in Figure 2.



Figure 2. Wheat transportation route in the direction of grain-receiving enterprise in Tayynshinsky district

Compiled by the authors based on the source "Yandex maps".

3. Transport work could be carried out throughout the year, while from August to November and April-May, 60% of the total volume of transported wheat is produced.

4. There are three units of equipment for transporting grain on the farm: 1 dump truck Kamaz 45143-6012-50, carrying capacity of 22.4 tons; 2 dump trucks Kamaz 65115-6059-50 with a carrying capacity of 14.5 tons.

Transportation of grain in bulk from the enterprise is carried out by trucks of the Kamaz dump truck brand with an average service life of 8 years. However, since some vehicles have a carrying capacity of only 14.5 tons, this leads to an increase in the number of trips with a load.

According to the methodology used in the farms, the calculation uses the tariff for transporting one ton of grain per one kilometer of the distance traveled. The transportation tariff includes the costs of fuel and lubricants, drivers' salaries, and maintenance and repair of transport [6].

When transporting grain on the h -th model of a vehicle from the i -th field to the k -th temporary storage point, the economic costs are found by the Formula 2:

$$P_{ikh} = T_{ikh} \cdot L \cdot Q_{h, \text{tenge}} \quad (2)$$

$$i=1, \dots; k=1, \dots; h=1, \dots,$$

where T_{ikh} is the tariff for grain transportation in the unit of the h -th vehicle model from the i -th

field to the k-th temporary storage point, t/t·km;

L is the distance from the field to the storage point, km;

Qh is the carrying capacity of the h-th model of a vehicle, tonnes.

The tariff for the transportation of grain during the harvesting period in 2021 was 93 t/t·km, which is the average for the North Kazakhstan region, where it fluctuates between 80-100 t/t·km.

Results and discussion

Substituting the data in Formula 1, the following mathematical expression becomes:

$$R = \sqrt{\frac{1,25 \cdot S_0 \cdot 1,5}{3,14}} = \sqrt{\frac{1,25 \cdot 9000 \cdot 10000 \cdot 1,5}{3,14}} = 7330 \text{ m}$$

where 10,000 are square meters of 1 ha;

9000 - area of agricultural land, ha [5].

Thus, the average transportation radius of goods from the field: is $r = 7.3$ km.

The tariff for grain transportation in this case was equal to 96,1 t/t·km. For harvesting an area of 9000 hectares, the optimal number of combine harvesters for two weeks, considering the variation in yield, is 30 units.

$$P_1 = 96,1 \cdot 30 \cdot 14,5 = 41,803.5, \text{ tenge.}$$

$$P_2 = 96,1 \cdot 30 \cdot 22,4 = 64,579.2, \text{ tenge.}$$

Substituting these values into formula 2, we get that the economic costs of transportation from the farm to the grain-receiving enterprise amounted to 64,579.2 tenge when using Kamaz 45143-6012-50 (P_2) while using a Kamaz dump truck with a carrying capacity of 14.5, economic costs amount to 41,803.5 tenge (P_1). Thus, on average. The financial costs of transporting grain using all types of transport on the farm will be 53,000 tenge per 1 trip.

In the studies of many scientists, ways to improve the efficiency of grain production are analyzed. For example, some offer timely and high-quality fieldwork [6], and others reduce crop losses during the harvesting period, choosing the optimal plan for harvesting and transporting grain [5].

Since grain crops are distributed throughout the territory of Northern Kazakhstan, it is necessary to make zoning of the territory to identify the required costs and time for moving combine harvesters to the harvested fields, evenly load all available granaries, harvest various crops as they ripen [6].

As the main grain-growing regions, Akmola, North-Kazakhstan, and Kostanay regions need to be equipped with modern agricultural equipment, most of which is obsolete.

According to the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, agricultural machinery in Kazakhstan is outdated and worn out by 70%. The percentage of equipment renewal in this sector is 2-4%. At the same time, to ensure the industry's normal functioning, at least 8-10% of machines must be updated annually, depending on the types of equipment.

In turn, using worn-out and obsolete equipment increases the cost of repairs and fuels and lubricants by an average of 20%, which ultimately leads to an increase in the price of production. Furthermore, the depreciation of agricultural machinery also leads to severe crop losses and mechanical damage to grain during harvesting. Also, it prevents the use of innovative technologies in the grain industry of agriculture in modern Kazakhstan [8].

Conclusion

Ensuring sustainable and balanced development of agriculture is one of the priority areas of food security in Kazakhstan. Crop production is the basis of agriculture; in turn, grain production is Kazakhstan's leading branch of agriculture. Occupying 80% of the cultivated area of crops, the grain industry has large production volumes, requiring a large amount of service, particularly transportation

and, accordingly, the cost of it. The impact of transport costs on the competitiveness and sustainable development of agriculture is clear.

The transportation of agricultural goods has several features: seasonality of harvesting, a high recurrence rate of transport, fluctuations in yield, uneven distribution of the agrarian production volume across the regions of the country, sometimes difficult road conditions, short harvesting time, and its removal from the fields, which leads to hard work of transport.

Grain transportation also includes many variable factors that affect its cost, in addition to the following features: transportation volume, distance (average transportation radius), transport turnover, condition, number and carrying capacity of vehicles, grain transportation tariff, fuel and lubricants cost, methods and time loading-unloading.

References

1. Rasteniyevodstvo v Respublike Kazahstan. TOO «Deloit TSF», 2021.
2. Esin K. S. Logistika perevozok zerna programmnoe obespechenie rascheta optimalnogo kolichestva transportnih sredstv / K. S. Esin A. L. Sevostyanov // Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2014. – № 1, 32, p. 117–124. – EDN RZCHHL.
3. Aldoshin N. V. Modelirovanie tehnologicheskogo processa perevozok gruzov / N. V. Aldoshin A. S. Pehutov // Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrejdeniya visshogo professional'nogo obrazovaniya "Moskovskii gosudarstvennii agroinzhenernii universitet imeni V.P. Goryachkina". – 2012. – № 2(53). – p. 41–44. – EDN RBFFLZ.
4. Modelirovanie processov funkcionirovaniya transportnih i tehnologicheskikh mashin na primere uborki zernovih kultur / E. V. Puhov, V. K. Astanin, V. A. Sledchenko [i dr.] // Vestnik Voronejskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – T. 12. – № 3(62). – p. 19–25. – DOI 10.17238/issn2071-2243.2019.3.19. – EDN SJQFJD.
5. Korsun N. F. Modelirovanie i optimizaciya v agropromishlennom komplekse. Praktikum uchebno metodicheskoe posobie / N.F. Korsun, A.S. Markov, M.M. Kondrovskaya. – Minsk, BGATU, 2019. – 252 p. ISBN 978-985-519-977-0.
6. Esin K. S. Povishenie effektivnosti ispolzovaniya avtotransportnih sredstv pri perevozke zerna v regione na primere Orlovskoi oblasti, specialnost 05.22.10 "Ekspluatatsiya avtomobilnogo transporta" avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tehnikeskikh nauk / Esin Konstantin Sergeevich. – Orel, 2016. – 22 p. – EDN ZPYRWL.
7. Stepnih N.V. Rezervi povisheniya effektivnosti zernovogo proizvodstva // AVU. 2017. №6 (160). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezervy-povysheniya-effektivnosti-zernovogo-proizvodstva>. [in Russian]. (accessed: 05.09.2022).
8. Rustembaev B.E., Shulenbaeva F.A., Tleubaev A.B. Tehnicheskii park zernovogo podkompleksa Kazahstana: sostoyanie i perspektivi. Problemi agrorinka. 2022; (2):13–25. Available at: <https://doi.org/10.46666/2022-2.2708-9991.01>
9. Korjakin V. M., Muhaev E. O. Sravnitel'nyj analiz pravovogo regulirovaniya perevozok gruzov v prjamom smeshannom soobshhenii v stranah tamozhennogo sojuza //Pravo i gosudarstvo: teoriya i praktika. – 2013. – №. 10. – S. 54–60.

И. Мизанбеков¹, С. Бекбосынов¹, Л. Лыткина²

¹ Қазақ ұлттық зерттеу аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан

² Воронеж Мемлекеттік инженерлік технологиялар университеті, Воронеж, Ресей

Солтүстік Қазақстан жағдайында астық тасымалдау құнына әсер ететін факторлар

Аңдатпа. Мақалада Солтүстік Қазақстан жағдайында астық тасымалдау кезінде көлік

шығындарын есептеуге әсер ететін факторлар қарастырылған. Астық өндіру Қазақстанның ауылшаруашылығының жетекші саласы болып табылады және мемлекеттің АӨК салаларын және ауылдық өңірлерді дамытуға бағытталған басым бағдарламаларын іске асыру мәселесінде стратегиялық маңызы бар. Өз кезегінде ауылшаруашылығын тұрақты дамыту Қазақстанның азық-түлік қауіпсіздігі стратегиясын қамтамасыз ету болып табылады.

Астық саласы өндірістің үлкен көлеміне, адам ресурстарының көп мөлшерін пайдалануға және техникалық қамтамасыз етуге байланысты, сондай-ақ тасымалдау қымбат болып табылады.

Астықты тасымалдау кезінде оларға әсер ететін факторларды анықтау есебінен көлік шығыстарын барынша азайту бәсекеге қабілеттілікті арттыруға және көлік логистикасын дамытуды жеделдетуге мүмкіндік береді. Астықты жинау және тасымалдау жоспарын жасау кезінде ауылшаруашылығы жүктерін тасымалдау ерекшеліктерін ескеру қажет.

Түйін сөздер: көлік шығындары, астық тасымалдау, жүк көтергіштігі, жүк айналымы, бидай, тасымалдау маршруты.

И. Мизанбеков¹, С. Бекбосынов¹, Л. Лыткина²

¹Казахский национальный исследовательский аграрный университет, Алматы, Казахстан

²Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

Факторы, влияющие на стоимость перевозки зерна в условиях Северного Казахстана

Аннотация: В статье рассмотрены факторы, влияющие на расчет транспортных расходов при перевозке зерна в условиях Северного Казахстана. Производство зерна является ведущей отраслью сельского хозяйства Казахстана и имеет важное стратегическое значение в вопросе реализации приоритетных программ государства, нацеленных на развитие отраслей АПК и сельских регионов. В свою очередь устойчивое развитие сельского хозяйства является обеспечением стратегии продовольственной безопасности Казахстана.

Зерновая отрасль является затратной в силу огромных объемов производства, задействования большого количества человеческих ресурсов и технического обеспечения, а также транспортировки.

Минимизация транспортных расходов при перевозке зерна за счет выявления факторов, влияющих на них позволит повысить конкурентоспособность и ускорить развитие транспортной логистики. При составлении плана уборки и транспортировки зерна необходимо учитывать особенности перевозок сельскохозяйственных грузов.

Ключевые слова: транспортные расходы, перевозка зерна, грузоподъемность, грузооборот, пшеница, транспортировка, маршрут.

References

1. Rasteniievodstvo v Respublike Kazahstan. TOO «Deloit TSF», 2021.
2. Esin K. S. Logistika perevozok zerna programmnoe obespechenie rascheta optimalnogo kolichestva transportnih sredstv / K. S. Esin A. L. Sevostyanov // Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2014. – № 1, 32, p. 117–124. – EDN RZCHHL.
3. Aldoshin N. V. Modelirovanie tehnologicheskogo processa perevozok gruzov / N. V. Aldoshin A. S. Pehutov // Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrejdeniya visshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskii gosudarstvennii agroinzhenernii universitet imeni V.P. Goryachkina". – 2012. – № 2(53). – p. 41–44. – EDN RBFFLZ.
4. Modelirovanie processov funkcionirovaniya transportnih i tehnologicheskikh mashin na primere uborki zernovih kultur / E. V. Puhov, V. K. Astanin, V. A. Sledchenko [i dr.] // Vestnik Voronejskogo

- gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – Т. 12. – № 3(62). – p. 19–25. – DOI 10.17238/issn2071-2243.2019.3.19. – EDN SJQFJD.
5. Korsun N. F. Modelirovanie i optimizaciya v agropromishlennom komplekse. Praktikum uchebno metodicheskoe posobie / N.F. Korsun, A.S. Markov, M.M. Kondrovskaya. – Minsk, BGATU, 2019. – 252 p. ISBN 978-985-519-977-0.
6. Esin K. S. Povishenie effektivnosti ispolzovaniya avtotransportnih sredstv pri perevozke zerna v regione na primere Orlovskoi oblasti, specialnost 05.22.10 "Ekspluatatsiya avtomobilnogo transporta" avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tehnikeskikh nauk / Esin Konstantin Sergeevich. – Orel, 2016. – 22 p. – EDN ZPYRWL.
7. Stepnih N.V. Rezervi povisheniya effektivnosti zernovogo proizvodstva // AVU. 2017. №6 (160). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezervy-povysheniya-effektivnosti-zernovogo-proizvodstva>. [in Russian]. (accessed: 05.09.2022).
8. Rustembaev B.E., Shulenbaeva F.A., Tleubaev A.B. Tehnicheskii park zernovogo podkompleksa Kazahstana: sostoyanie i perspektivi. Problemi agrorinka. 2022; (2):13–25. Available at: <https://doi.org/10.46666/2022-2.2708-9991.01>
9. Korjakin V. M., Muhaev E. O. Sravnitel'nyj analiz pravovogo regulirovaniya perevozok gruzov v prjamom smeshannom soobshhenii v stranah tamozhennogo sojuza //Pravo i gosudarstvo: teorija i praktika. – 2013. – №. 10. – S. 54–60.

Information about authors:

I. Mizanbekov – PhD student, Department Agrarian machinery and technology, Kazakh National Research Agrarian University, 8 Abay ave., Almaty, Kazakhstan.

S. Bekbosynov – Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Agrarian machinery and technology, Kazakh National Research Agrarian University, 8 Abay ave., Almaty, Kazakhstan.

L. Lytkina – Doctor of Technical Sciences, professor; Voronezh State University of Engineering Technologies, 19 Revolution ave., Voronezh, Russia.

И.Т. Мизанбеков – аграрлық техника және технология кафедрасының докторанты, Қазақ ұлттық зерттеу аграрлық университеті, Абай даңғылы, 8, Алматы, Қазақстан.

С. Бекбосынов – т.ғ.к., аграрлық техника және технология кафедрасының менгерушісі, Қазақ ұлттық зерттеу аграрлық университеті, Абай даңғылы, 8, Алматы, Қазақстан.

Л.И. Лыткина – т.ғ.д., профессор, Воронеж мемлекеттік инженерлік технологиялар университеті, Революция даңғ., 19, Воронеж, Ресей.

И.Т. Мизанбеков – докторант кафедры аграрная техника и технология, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, пр. Абая, 8, Алматы, Казахстан.

С. Бекбосынов – к.т.н., заведующий кафедрой аграрная техника и технология, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, пр. Абая, 8, Алматы, Казахстан.

Л.И. Лыткина – д.т.н., профессор, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции, 19, Воронеж, Россия.

Принципы гармонизации природной среды в архитектурном пространстве

Аннотация. Причиной написания данной статьи стало многолетнее проживание в городе с рядом негативных факторов как природного, так и антропогенного характеров. Являясь неотъемлемой частью природы, человек умудрился разграбить её богатства, изменяя окружающую среду под свои нужды, он никоим образом не думал о последствиях, ежедневно загрязняя воздух, землю и воду, лишая природу возможности привести себя в порядок. Таким образом, проблемы окружающей среды стали особо актуальными в наше время.

Энтузиасты, пытающиеся помочь и исправить проблему загрязнения были всегда, но в глобальных масштабах поиском решения занялись сравнительно недавно. Первыми серьезными изменениями можно считать проекты новых генеральных планов и реконструкций крупных городов Европы в XIX веке. Так были приняты решения о разделении промышленной и селитебной зон, а также внедрение парковых зон в жилую часть города. Парки, которые в большинстве своём являлись предметом роскоши, находясь лишь в имениях богатых людей, теперь вышли в массы, тем самым предоставив простым людям доступ к более экологически чистой зоне, а также зародили новое вектор развития архитектуры, который вылился через сто лет в работы Фрэнка Ллойда Райта и его концепцию «домов-прерий».

Архитектура, являясь одним из самых крупных инструментов влияния на общественную жизнь, водрузила на себя знамя принести в общество идею единения с природой. Это воплотит в себе идеи гармонии человека и природы, позволит улучшить микроклимат как в отдельно взятой квартире, так и в городе в целом, задаст тренд на сохранение естественной природы.

Астана, город, который не имеет природных особенностей, которые формировали бы благоприятные погодные и климатические условия, таких как в Швейцарии. Расположение в открытом поле и вызывает необходимость более тщательно подходить к улучшению микроклимата в городе.

Ключевые слова: архитектура, зеленая архитектура, природа, город, проектирование, реконструкция, экология, микроклимат, Фрэнк Ллойд Райт.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-146-156

Введение

В XXI веке актуальность решения проблем окружающей среды стала особо важной. Крупные организации во главе с ООН и ВОЗ пытаются найти новые способы изменить демографическую ситуацию.

Архитектура также не осталась в стороне от мировой тенденции. Вот уже более 100 лет она несет в себе идею единого целого – природы и созданного человеком пространства. В связи с растущими потребностями населения и его количеством застройка создавалась по принципу объема и скорости, от чего зачастую страдали окружающая среда и прилегающая территория [8]. При анализе города можно увидеть подавляющее преобладание застройки над зелеными участками, что не компенсирует вред от выхлопных газов от машин, заводов и фабрик. Отсюда родилась идея внедрять озеленение прямо в здания.

Цель исследования. Данное исследование направлено на выявление общих проблем окружающей среды, связанных с архитектурой, и на поиск способов решения этих самых проблем

путем разработки принципов формирования единого целого из архитектуры и природы. Для этого будут рассмотрены исторические предпосылки и процесс эволюции современного жилья, его задачи и цели, а также проведен анализ уже реализованных и предложенных идей, концептов и проектов по созданию новой ячейки жилой структуры.

Задачи. Данная статья берет своё начало с работ Фрэнка Ллойда Райта и его концепции «домов-прерий». Поэтому изучение творчества и идей Райта становится первостепенной задачей, и именно сквозь призму его идеологии проводятся оценка и анализ работ и построение концепции гармонизации природной среды и архитектурного пространства.

Актуальность. Важность создания нового, и в то же время единого целого - архитектуры и природы - стала широко осознаваться в 30-х годах XX века, что привело к созданию нового стиля – бионики, которую используют многие известные архитекторы. Одновременно с этим данный стиль несёт себе новую социокультурную идею единства природы и архитектуры, а также оказывает влияние на процессы жизнедеятельности человека и на его самочувствие, акцентируя внимание на микроклиматических условиях как внутри помещений, так и на общей экосистеме города.

Предмет исследования. Предметами исследования являются: работы Фрэнка Ллойда Райта, концепция «домов-прерий», проблемы современного влияния архитектуры на социокультурные аспекты жизнедеятельности человека и изучение современных тенденций в решении данной проблемы.

Степень изученности. Несмотря на то, что актуальность «зеленой архитектуры» повышается вот уже около столетия, до сих пор нет единых норм, требований или предписаний по внедрению природных элементов в архитектурную среду. Имеются лишь единичные примеры оформления и проектирования зданий и сооружений в стиле бионики или реконструируемых с добавлением зеленых элементов.

Основная часть

Всё, существующее на планете Земля является единым, целостным, живым организмом. Организмом развивающимся, растущим, и мы, люди, как неотъемлемая часть этой многоступенчатой экосистемы, должны развиваться и расти, но самое главное – это не забывать о нашем единстве с природой [2,8].



Рисунок 1. Первобытное жилище в пещере

Именно эта мысль легла в основу исследования, которое направлено на изучение подхода к проектированию зданий и сооружений, формированию планировочного решения и объемно-пространственной композиции здания. Это напрямую влияет на здоровье и самочувствие людей, выявление ошибок и недочетов в существующих реалиях и разработку новых принципов формирования архитектурной среды в совокупности с природными элементами.

Но для начала стоит посмотреть на историю взаимоотношения человека и природы в контексте архитектуры. Эволюция жилища началась с простых пещер, которые были укрытием и защитой от непогоды и угроз (рис. 1).

Особенный акцент стоит сделать на защите от природных и климатических влияний – ветровая нагрузка, дожди и влажность, мороз, сейсмическая активность. Именно такую функцию выполняет пещера, и по прошествии тысяч лет современные здания выполняют ту же функцию [2,8].

Когда люди выбрались из пещер, перед ними встала задача - искусственно создать убежище, таким образом появились первые прототипы домов, имеющие стены, утепленные шкурами животных и ветками деревьев, а также использовались камни и даже кости убитых животных (рис. 2).



Рисунок 2. Самодельное жильё

Очень быстро стали появляться поселения, начали образовываться первые планировочные решения и деления по функциональному назначению. И главным вопросом стала проблемы выхода к естественной природе, разрыв между нетронутой (натуральной) и искусственной средой обитания [2,9].

И следующей остановкой на карте мирового прогресса является Древняя Месопотамия. Находясь в междуречье Тигра и Евфрата, цивилизации, зародившиеся в тот исторический период, активно использовали ландшафт для проектирования своих городов.

Так, по картинкам, дошедших до наших дней, можно сделать сравнение планировочного решения городов Двуречья с Венецией, так как благодаря важности водной среды в жизни людей, проектирование велось с последовательным расположением зданий и сооружений вдоль рек и их искусственно созданных ответвлений [2,6]. Существующая природная среда также была максимально не тронута – дома возводились с учетом сохранения естественных насаждений, а там, где это было невозможно, они искусственно создавались. Одним словом, бережный подход, сохранение и восстановление природных элементов были одними из важнейших условий формирования городской среды Древней Месопотамии [2,8].

Но со временем человек научился изменять природу под себя и свои нужды и со временем, к сожалению, стал вытеснять ее из своей искусственной среды. И только в середине XX века начался тренд на возвращение природной среды в архитектурное пространство. Начало этому движению, которое впоследствии превратилось в полноценный архитектурный стиль, названный бионикой, задал Фрэнк Ллойд Райт (рис 3) [1,8,9].



Рисунок 3 Дом Райта, отражающий концепцию «дома-прерии»

Бионика как стиль воплощает в себе природные цвета и элементы, создаётся из плавных форм, находится в постоянной коммуникации с естественной средой и является её отображением, созданным руками архитекторов [8].

Когда мир увидел работы Райта, то его главная идея – «дома-прерии» -пробудила новый интерес к единству природы и архитектуры. Добавили значимость этой идее и проблемы антропогенного характера: загрязнение воздуха, электромагнитное влияние, избыток шумов. Это всё описывается как негативные для людей факторы, а архитектура создаёт пространства, в которых людям должно быть комфортно, удобно, и иметь благоприятный микроклимат является наиважнейшей задачей для жилой структуры. Поэтому необходимо разработать новый подход к проектированию на основе гармоничного объединения природных элементов в домах и внедрения новейших разработок отделочных материалов.



Рисунок 4. Современное типовое планировочное решение

Данный подход рассматривает жилое помещение как совокупность различных функциональных зон, где каждый конструктивный элемент внутреннего выполняет определенные функции. Как правило, сегодня принято считать, что в домах у нас есть зона приготовления пищи, рекреационная зона, с/у, вспомогательные помещения (рис. 4).

Так, приняв во внимание все вышеуказанные свойства и задачи жилья, выявили следующие недочёты в существующем жилом сегменте:

1. Современное жильё не решает всех жизненно важных аспектов, касающихся нашей жизнедеятельности. Так главный недостаток отдельно взятых квартир и жилых комплексов в целом – недостаток природных элементов в окружении. И речь сейчас идёт не о парках и скверах, прилегающих к территории, а присутствию зеленых насаждений в квартирах и на приквартирных площадках. Это позволит создать более беспрепятственный доступ к зеленой зоне, тем самым разбавив жилое пространство, забитое мебелью и техникой, и создаст возможность находиться на территории с благоприятным микроклиматом.

2. Создание в самих квартирах «зеленого уголка». Многие жители разных стран давно уже пытаются улучшить микроклимат своими руками – покупая цветы в горшках и расставляя в разные уголки квартиры. Но что, если эту идею развить, и сделать новую функциональную зону – зеленую зону. Это решит сразу две проблемы: позволит улучшить микроклимат в квартире и разнообразить интерьер [3].

На сегодняшний день проблема загрязненности воздуха выхлопными газами и продуктами промышленности стоит особо остро. Конечно, ученые уже давно бьются на этом, пытаясь найти новые, экологически чистые ресурсы, но мы как архитекторы можем помочь в борьбе за чистое небо. Эволюция домов не стоит на месте – когда-то в домах были только простые жилые комнаты, со временем стали появляться магазины и мелкие жизненно необходимые центры по оказанию услуг – ателье, стоматологии, мини детсады [6,8]. Сегодня массивные жилые комплексы включают множество различных функциональных элементов – кафе, рестораны, детские сады, бюро по оказанию финансовых и юридических услуг, ремонтные мастерские, а

особо крупные даже бизнес-центры. И сюда спокойно можно будет добавить зону с природными элементами.

Для рассмотрения способов внедрения этих самых зеленых зон выбраны следующие способы их проектирования:

1. Внутриквартирная «зеленая зона» - при больших площадях может располагаться в гостиных или коридорах, одним словом, в местах частого скопления людей или транзитных зонах для охвата большей площади.

2. Межквартирная «зеленая зона» - будет располагаться на приквартирных, лестничных площадках, также может быть запроектирована как отдельный этажный элемент, например, как технический этаж.

3. Существующий способ проектирования «зеленых зон» - зимние сады на первом этаже, тем самым обыгрываются тамбур и холл, или расположение на крыше здания. Сюда же можно добавить создание природной зоны в транзитных зонах между зданиями одного жилого комплекса (рис. 5).

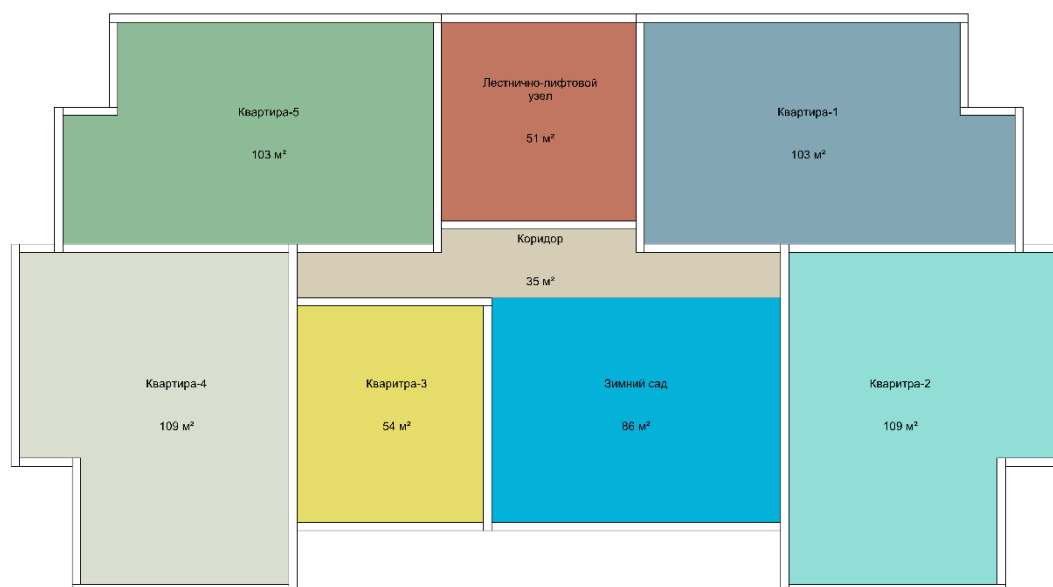


Рисунок 5. Предложенный вариант расположения «зеленой зоны» на этаже, графическая работа автора, 2022 год

И теперь очень важно вернуться к работам Райта – «домам-прериям», которые идейно олицетворяют собой единство природы и архитектуры. Очень важным являлся и моральный посыл к человечеству. Бионика, как и многие другие стили, радикально отличающиеся друг от друга, символизирует усталость и перенасыщение типовой архитектурой. И лишь сравнительно недавно начались попытки это изменить [6,7,8].

Стоит также отметить, что под типовым проектированием понимаются не только фасадные и планировочные решения, но и строительные и отделочные материалы. Сегодня в строительстве подавляющее большинство строительных материалов составляют железобетон и стекло. Это всё создает у архитектуры образ громадных и массивных бетонных чащоб, и разбавляют эту картину лишь единичные здания и сооружения [3,6,7,9].

Бионика призвана внести в городскую среду легкость и пластичность, так как нередко бионические здания имеют плавные формы, органично подстраиваются под окружение, а зачастую даже являются его продолжением. Также для бионики в её зарождении было характерно использование только экологически чистых строительных материалов – дерева и камня [8]. Но со

временем стали использоваться гибридные материалы для большей вариативности в проектировании. Самые известные здания архитекторы стараются вписать в окружающую среду, например, вилла NN в Подмосковье (рис. 6).



Рисунок 6. Ви́лла NN как пример современной интерпретации концепции «дома-прерии»

Заключение

Как можно наблюдать, при всей важности и актуальности темы её изученность оставляет желать лучшего. Самым глобальным допущением является отсутствие единого подхода в формировании зеленых насаждений в жилой структуре. Несмотря на множество примеров, как уже реализованных, так и проектируемых, они остаются результатом единичных идей их авторов, их видения и общего понимания композиции, а также индивидуального анализа и изучения с последующими выводами. Необходимо собрать воедино опыт многих архитекторов со всех стран мира, провести анализ их проектов и способов аргументации тех или иных решений, выявить положительные и отрицательные моменты проектов и постараться создать единую систему принципов гармонизации природной среды в архитектурном пространстве.

Мир не стоит на месте, он развивается и меняется, не всегда архитектура поспевала за ним. Да, были времена, когда передовые технологии позволили создать шедевры своего времени, такие как, например, Эйфелева башня. Но были времена, когда архитектура много лет стояла на одном месте, например – типовое строительство в Советском Союзе. Сегодня архитектура в странах постсоветского пространства вновь приобрела однообразный вид – изобилие прямых форм, преимущественно фасадные панели разных цветов и добавление в редких случаях витражного остекления. Отсюда видится и творческая необходимость в новых стилях, которые разнообразили бы существующую и в какой-то степени пресытившуюся городскую среду.

Выводы

Вывод 1. Развитие идеи наличия «зеленых зон» внутри жилых и общественных помещений способствует улучшению микроклимата внутри этих помещений, что благоприятно скажется на самочувствии и работоспособности жителей. Одновременно с этим введение таких элементов кардинально меняет подход к функциональному зонированию квартир, что расширит возможности жилых и общественных помещений.

Вывод 2. Создание единого подхода, с дальнейшей разработкой полноценных строительных норм и правил, является следующим этапом развития идей Райта о новом подходе к проектированию зданий и сооружений, отраженных в новой концепции создания единого целого между архитектурой и природой.

Вывод 3. Архитектура является достаточно ярким отражением культуры и всегда имела свой уникальный образ в разных странах и в разное время. Это означает, что развитие «зеленой архитектуры» разбавит общий вид города, который в последнее время пристрастился к однотипным фасадным панелям и витражному остеклению.

Список использованной литературы

1. Анисимова И. И. Уникальные дома: Учебное пособие по специальности «Архитектура». Москва, 2009. – С. 24.
2. Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера земли. – М.: ТОО «МИШЕЛЬ и К», 1994, – 492 с.
3. Рейзбих Е. Больше, чем коробка. О безграничном потенциале ограниченного пространства. Москва, 2021. – С. 82–85.
4. Иконников А.В. Архитектура XX века. Утопии и реальность. Москва, 2001. – С. 555
5. Иконников А.В. Функция, форма, образ в архитектуре. – М: Стройиздат, 1986. – 215 с.
6. Омуралиев Д.Д., Воличенко О.В. Мейнстримы новейшей архитектуры – двадцать первый век. Saarbrücken.Palmarium Academic Publishing, 2013, – 449 с.
7. Дуцев М. В. Концепция художественной интеграции в новейшей архитектуре / Диссертация на соискание ученой степени доктора архитектуры. Нижний Новгород – 2014
8. Лебедев Ю. А. Архитектурная бионика. Москва. Стройиздат, 1990. – 270 с.
9. Метленков Н.Ф. Парадигмальная динамика архитектурного метода. Москва. АСРОС, 2018, – 427с.

Е.К. Дуйсебай¹, Р.В. Бокачѳв²

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

Сәулеттік кеңістіктегі табиғи ортасын үйлестіру принциптері

Аңдатпа. Бұл мақаланы жазуға табиғи және антропогендік бірқатар жағымсыз факторлардың әсерінен қалада ұзақ уақыт тұруы себеп болды. Табиғаттың ажырамас бөлігі бола отырып, адам оның байлығын талан-таражға сала білді, бәрін өз қажеттілігіне бағыттады. Қоршаған ортаны өз қажеттіліктеріне қарай өзгерте отырып, күн сайын ауаны, жер мен суды ластап, табиғатты тәртіпке келтіру мүмкіндігінен айыру, оның салдары туралы ойланбады. Осылайша, экологиялық проблемалар біздің заманымызда ерекше өзекті бола бастады.

Ластану мәселесіне көмектесуге және түзетуге тырысатын энтузиастар әрқашан болды, бірақ жаһандық ауқымда шешімді іздеу салыстырмалы түрде жақында болды. Алғашқы ірі өзгерістерді 19 ғасырдағы Еуропадағы ірі қалалардың жоспарлары мен қайта құру жобалары деп санауға болады. Осылайша, өндірістік және тұрғын аудандарды бөлу, сондай-ақ қаланың тұрғын бөлігінде саябақ аймақтарын енгізу туралы шешімдер қабылданды.

Кѳбіне сәнді бұйым болған саябақтар тек ауқатты адамдардың иелігінде болғандықтан, бүгінде қалың бұқараға жетті, осылайша қарапайым тұрғындарға экологиялық таза аймаққа қол жеткізуге мүмкіндік берді, сонымен қатар сәулет өнерінің жаңа векторын тудырды. Жүз жылдан кейін Фрэнк Ллойд Райттың жұмысында және оның «прерий үйлері» тұжырымдамасында пайда болған даму.

Сәулет қоғам өміріне ықпал етудің ең үлкен құралдарының бірі бола отырып, қоғамға табиғатпен бірлік идеясын енгізудің туын көтерді. Бұл адам мен табиғат арасындағы үйлесімділік идеяларын жүзеге асырады, бір пәтерде де, жалпы қалада да микроклиматты жақсартады, табиғатты сақтау және бар қателерді түзету үрдісін белгілейді.

Астана – Швейцариядағы Альпі таулары сияқты қолайлы ауа-райы мен климаттық жағдай туғызатын табиғи ерекшеліктері де, Ресейдегідей қалың ормандары да жоқ қала. Ашық далада орналасуы және қаладағы микроклиматты жақсартуға мұқият қарауды қажет етеді.

Түйін сөздер: сәулет, жасыл сәулет, табиғи кеңістік, қала, дизайн, реконструкция, екпелер, экология, микроклимат, Фрэнк Ллойд Райт.

Ye. Duysebay¹, R. Bokachyov²

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

Principles of harmonization of the natural environment in architectural space

Abstract. The reason for writing this article was long-term residence in the city, with a number of negative factors, both natural and anthropogenic. Being an integral part of nature, man managed to plunder its wealth, directing everything to his needs. Moreover, changing the environment to suit his needs, he in no way thought about the consequences, polluting the air, land and water every day, and also depriving nature of the opportunity to put itself in order. Thus, environmental problems have become especially relevant in our time.

There have always been enthusiasts trying to help and fix the problem of pollution, but on a global scale, the search for a solution has been relatively recent. The first major changes can be considered the projects of new master plans and reconstructions of large cities in Europe in the 19th century. So decisions were made to separate the industrial and residential areas, as well as the introduction of park areas in the residential part of the city.

Parks, which for the most part were a luxury item, being only on the estates of rich people, have now reached the masses, thereby providing ordinary people with access to a more environmentally friendly area, and also gave rise to a new vector of architectural development, which resulted a hundred years later in the work of Frank Lloyd Wright and his concept of "prairie houses".

Architecture, being one of the largest instruments of influence on public life, has hoisted the banner to bring the idea of unity with nature into society. This will embody the ideas of harmony between man and nature, will improve the microclimate both in a single apartment and in the city as a whole, will set a trend for preserving nature and correcting existing mistakes.

Astana, a city that does not have natural features that would create favorable weather and climate conditions, such as the Alps in Switzerland, or dense forests, as in Russia. The location in an open field makes it necessary to take a more careful approach to improving the microclimate in the city.

Keywords: architecture, green architecture, natural space, city, design, reconstruction, plantations, ecology, microclimate, Frank Lloyd Wright.

References

1. Anisimova I. I. *Ýnikalnye doma: Ýchebnoe posobie po spetsialnosti «Arhitektýra»*. Moskva, 2009. – S. 24.

2. Gumilev L.N. Etnogenez i biosfera zemli. –M.: TOO «MISHEL' iK», 1994, – 492 s.
- Reizbih E. Bolshe, chem korobka. O bezgranichnom potentsiale ogranichennogo prostranstva. Moskva, 2021. – S. 82–85.
3. Ikonnikov A. V. Arhitektúra XX veka. Ýtopii i realnost. Moskva, 2001. – S. 555
5. Ikonnikov A.V. Funkciya, forma, obraz v arhitekture. – M: Strojizdat, 1986. – 215 s.
6. Omuraliev D.D., Volichenko O.V. Mejnstrimy novejshej arhitektury – dvadcat' pervyj vek. Saarbrucken.Palmarium Academic Publishing, 2013, – 449s.
7. Ducev M. V. Konceptsiya hudozhestvennoj integracii v novejshej arhitekture / Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora arhitektury. Nizhnij Novgorod –2014
8. Lebedev YU. A. Arhitekturnaya bionika. Moskva. Stroizdat, 1990. – 270 s.
9. Metlenkov N.F. Paradigmal'naya dinamika arhitekturnogo metoda. Moskva. ASROS, 2018, – 427s

Сведения об авторах:

Е.К. Дүйсебай – доктор архитектуры, профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Р.В. Бокачев – магистрант второго курса архитектуры, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Е.К. Дүйсебай – сәулет өнері докторы, профессор, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Р.В. Бокачев – сәулет өнерінің екінші курс магистранты, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Ye. Duysabay – Doctor of Architecture, Professor, L.N. Gumilyov Eurasian national university, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

R. Bokachyov – 2nd year graduate student, L.N. Gumilyov Eurasian national university, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Тауарлы бетонды тасымалдау кезінде автомобиль дірілін азайту

Аннотация: Бұл мақалада автомобиль жолдарындағы байланыстырушы материалдарды тасымалдаудың өзекті мәселелерінің бірін зерттеудің нәтижелері ұсынылады. Зерттеу барысында автомобильдерді қоздыратын күштердің ауытқуларын, сондай-ақ, автомобильдердің тербелістерінің бұзылуының негізгі көздерін жол бетінің шұңқырлары, эксцентрикалық, біркелкі емес қозғалысы және дөңгелектердің тепе-теңдігі, қозғалтқыштың айналмалы бөліктері қарастырады. Тасымалдағыш дірілдерінің тегіс емес жолмен тәуелділігі байқалады, әдетте кездейсоқ тербелістерді байқайды. Жолдың микропрофилі жолдың ұзындығының кездейсоқ функциясы ретінде салыстырылады, ал қашықтық X -ның мәні ретінде қабылданады, бұл X -ның кез келген мәніндегі ординаттары кездейсоқ шамасы. Мақала жолдың микропрофиліне қатысты кездейсоқ функцияның статистикалық сипаттамаларын анық түсіндіреді. Ол ортақ іске асыруға немесе бір іске асыруға қатысты орташаланған болса, әр түрлі болатын орта мәндерді білдіреді уақытында. **Түйін сөздер:** автомобильдің дірілдеуі, жамылғының кедір-бұдыры, доңғалақтардың тепетеңсіздігі, кездейсоқ функция, статистикалық сипаттамалары.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-157-164

Кіріспе

Нарықтық экономика жағдайында байланыстырушы материалдарды тасымалдау сапасын арттыруды қамтамасыз етуге қатты-тұрмыстық қалдықтарды өңдеуді кешенді механикаландырудың тиімді құралы ретінде дайындау және тасымалдау үшін жоғары өнімді жабдықты енгізу арқылы қол жеткізіледі. Жеткізудің ең перспективалы және жоғары өнімді түрлері-арнайы шассидегі автомобильдер. Зерттеудің бағыттары мен міндеттерін таңдау болжаудың ғылыми негізделген әдістерін, қатты тұрмыстық қалдықтарды қайта өңдеу жөніндегі кешендерді дамытуды пайдалана отырып жүзеге асырылады. Объектіге тасымалдаудың оңтайлы схемасы бойынша сусымалы материалдарды қайта өңдеу процесін қамтамасыз ететін соққыға қарсы амортизация және діріл оқшаулау құрылғылары бар автомобильдердің негізгі параметрлері мен перспективалық конструкцияларын белгілеу өзекті мәселе болып табылады және салааралық мәнге ие [1].

Негізгі бөлім

Бетон қоспасының тұтастығын сақтау үшін, бағыты және әсер ету сипаты бойынша әр түрлі бұзушы күштер тудыратын автомобильдердің тербелістерін азайту өзекті міндет болып табылады.

Автокөліктің тербелісі бағыты мен әсер ету сипаты бойынша әр түрлі бұзушы күштерден туындайды. Тербелістердің бұзылуының негізгі көздері: жол бетінің біркелкі болмауы, дөңгелектердің эксцентриситеті және біркелкі айналмауы, дөңгелектердің, қозғалтқыштың айналмалы бөліктерінің теңгерімсіздігі, беріліс қорабы және араластырғыштың айналуы.

Күштер мен сәттер негізгі автомобильдің жылдамдығының немесе оның қозғалыс бағытының өзгеруіне байланысты, сондай-ақ аэродинамикалық әсерлер.

Бұл күштер мен сәттер салыстырмалы түрде баяу өзгереді және квазистатикалық болып табылатынын айта кету керек. Тербелістердің басқа себептері болуы мүмкін: тасымалданатын жүктің инерциялық әсері немесе бос жүріс кезінде қозғалтқыштың айналу моментінің өзгеруі.

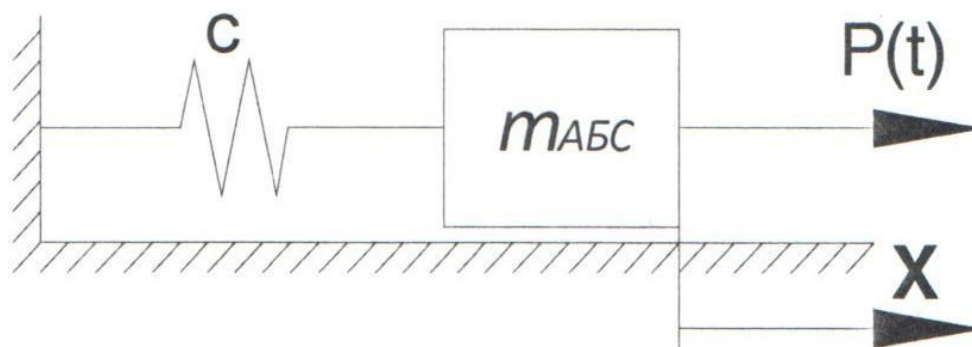
Көлікбеті тегіс емес жолда жүргенде, әдетте, кездейсоқ тербелістер пайда болады. Жүруді бірнеше рет қайталағанда, автомобильдің кез-келген массасының тербелісі табиғи түрде басқаша болады, яғни олар дәл, нақты қайталанбайды. Себебі, жол кездейсоқ бұзушылықтардың орналасуы бар бетті білдіреді [2]. Бетон араластырғыштардағы күрделі соққы және діріл процестерін талдау қозғалысты, жылдамдық пен үдеуді сипаттайтын шамалардың уақытша тәуелділігін анықтаудан басталуы керек. Деректерді өңдеу әдісі оларды қолдану мақсатына байланысты. Автокөліктердің соққы дірілін зерттеу, соққыға төзімді жабдықты жобалау - соққыға төзімді араластырғыш немесе нақты процестерді модельдеу үшін зертханалық эксперименттер жасау кезінде сипаттамалық спектр жиі қолданылатынын атап өткен жөн. Сипаттамалық спектр ұғымы сызықтық және үйкеліссіз бір еркіндік дәрежесі бар жүйе үшін қолданылатынын атап өткен жөн және кейбір жағдайларда пайдалы ақпарат сызықтық емес немесе демпферлік болған кезде де алынуы мүмкін.

Сипаттамалық спектр-бұл жүйенің реакциясының салыстырмалы шамасының графикалық көрінісі (орын ауыстыру, жылдамдық, үдеу) бұзылу жүйенің еркін тербеліс кезеңі мен бұзылу әсер ету уақытының арақатынасына байланысты.

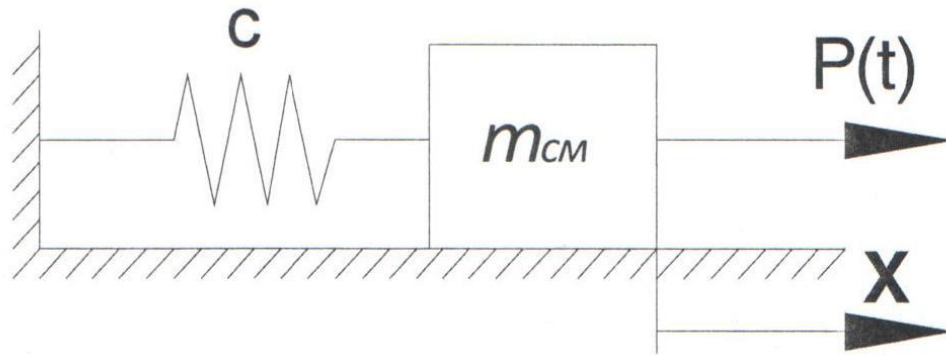
Бұзылулар әртүрлі физикалық шамалармен анықталуы мүмкін, сонымен қатар сипаттамалық спектр жүйенің әртүрлі реакцияларын көрсете алады.

Жүйе сызықты және үйкеліссіз деп санаймыз, ал уақыттың белгілі функциясы болып табылатын бұзылыс автомобильдің массасына тікелей әсер ететін $P(t)$ күші болуы мүмкін (1-сурет) немесе қозғалыс негізі, яғни жүйенің серпімді байланыстарына әсер ететін автомобиль шассиі болуы мүмкін.

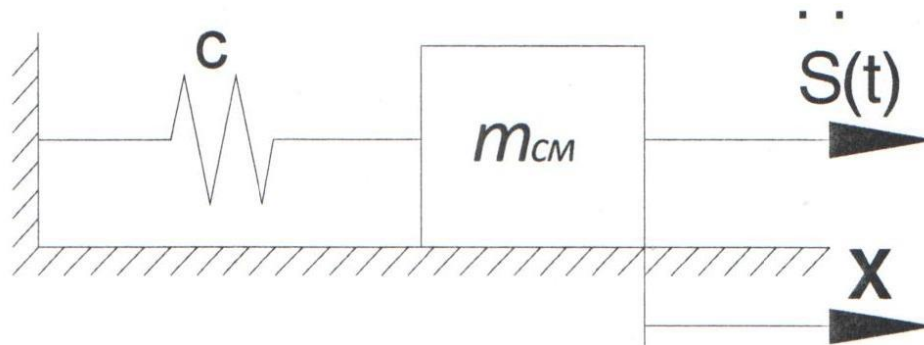
Қозғалыс негізі $S(t)$ автомобиль шассиінің қозғалысы ретінде көрсетілуі мүмкін (2-сурет). Алайда, автомобиль шассиінің қозғалысын $S(t)$ шассиінің үдеуі түрінде білдірген жөн (3-сурет).



1 сурет. $P(t)$ күші түріндегі бұзылу әсерінен автомобильдің тербелісі



2 сурет. $S(T)$ автомобиль шассіінің қозғалысы түріндегі бұзылыстың әсерінен бетон қоспасы бар араластырғыштың тербелісі



3 сурет. $S(t)$ автомобиль шассіінің үдеуі түріндегі бұзылыстың әсерінен бетон қоспасы бар араластырғыштың тербелісі

Жолдың микропрофилі-бұл жолдың ұзындығының кездейсоқ функциясы (X жолдың өтуі), яғни кез-келген X мәніндегі оның ординаттары кездейсоқ шама.

Жолдың бойлық микропрофилінің кездейсоқ функциясы оның іске асырылуын білдіреді (1,2), ал қайталанғандары - іске асырулар жиынтығы (ансамбль). Демек, негізгі көліктің тербелісі t уақытында өзгереді, яғни кездейсоқ процесс.

Көлік біркелкі қозғалады деп есептей отырып, $X=U \cdot t$ болғандықтан кездейсоқ функциядан кездейсоқ процеске өту керек.

Демек, кездейсоқ функция (үдеріс) - бұл іске асырудың шексіз санының жиынтығы және жалпы жағдайда оны келесідей белгілеу керек $\{h(d, x), \text{ мұндағы } -\infty < x < \infty \text{ және } d = 1, 2, \dots, \infty.$

Болашақта бұл функцияны (немесе үдерістерді) $h(x)$ белгілеу қажет. Кездейсоқ функция статистикалық сипаттамалармен сипатталуы керек. Оларды іске асыру жиынтығы бойынша t уақыт моменті үшін немесе уақыт бойынша - бір іске асыру үшін жүргізілетін орташаландырумен алынады.

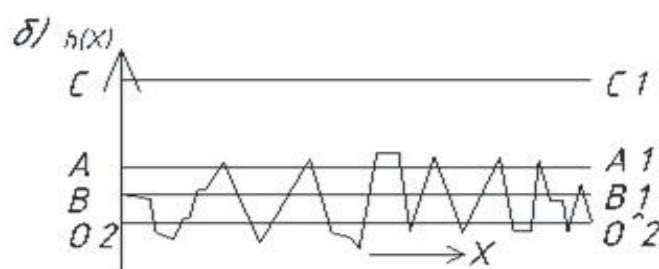
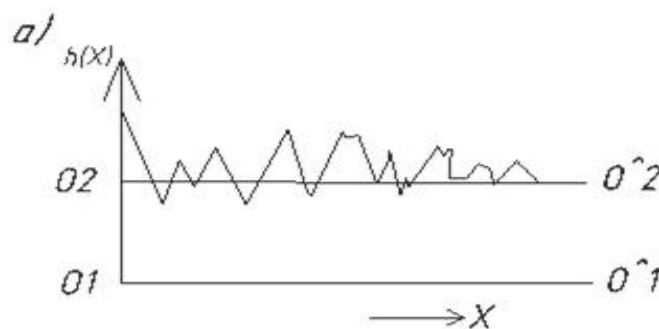
Кездейсоқ шамалар ретінде қарастырылатын $h_1(x_1), h_2(x_2), \dots, h_1(\alpha_1), \dots, h_\alpha(x_\alpha)$, микропрофилінің координаттары. Олар үшін сәйкес статистикалық сипаттамаларды табу керек: микропрофиль ординаттарының таралу заңы және сандық шамалары, әртүрлі ретті бастапқы немесе орталық нүктелер. Орташа іске асыру кезінде мұндай кездейсоқ функцияны келесі болжамдарды қанағаттандыратын кездейсоқ емес функция ретінде қарастыру керек: функция стационарлық және ауытқулық, микропрофильдің ординаты қалыпты заңға бағынады, соққылардың ұзындығы жоғарғы және төменгі шектермен шектеледі, микропрофиль жолдың тік бойлық жазықтығында ғана кездейсоқ өзгереді [3].

Жолдың микропрофиліне қатысты кездейсоқ функцияның (үдерістің) статистикалық сипаттамалары орташа мәндер болып табылады. Егер іске асыру жиынтығы бойынша немесе бір рет іске асыру үшін, ұзындығы (уақыты) бойынша орташалау жүргізілсе әртүрлі болады.

Негізгі статистикалық сипаттамаларды қарастырған жөн: микропрофильдің орташа ординаты немесе математикалық күту, ординаттардың орташа квадраттық ауытқуы немесе дисперсиясы, корреляциялық функция немесе спектрлік тығыздық.

Егер $h'(x)$ - кейбір көлденеңінен есептелген микропрофильдің ординаттары болса, O_1, O'_1 (4-сурет) онда іске асыру жиынтығының орташалануы келесідей болады:

$$[h_{cp}] = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^{\alpha} h'_i(x) / \alpha \quad (1)$$



4 сурет. Кездейсоқ функцияны іске асыру және оның орташа мәндері

Жол учаскесінің ұзындығы кезінде бір сатылым үшін орташаланған жағдайда мыналарды аламыз

$$h_{cp} = \lim_{lh \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{lh} \right) s_o^{lh} h'(x) dx \quad (2)$$

Кездейсоқ функцияны абсцисса осін тікелей OO дан тікелей $O_1O'_1$ - ге ауыстыру арқылы орталықтандыру ыңғайлы. Орталықтандырылған функция (4-сурет) $h(x)$ ыңғайлы, өйткені болашақта ол үшін математикалық күту қарастырылмайды. Әрі қарай, біз жолдың микропрофилі орталықтандырылған кездейсоқ функция деп санаймыз.

Іске асырулар жиынтығы бойынша орташалаңдыруды жүргізе отырып, біз дисперсияны аламыз

$$[h_c] = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \sum_{L=1}^{\alpha} \frac{h^2 i(x)}{d} \quad (3)$$

Бір іске асыруды орташалау кезінде алынған ординаттардың дисперсиясы (тікелей CC),

$$h_c^2 = \lim_{lh \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{lh} \right) s_o^{lh} h^2(x) dx \quad (4)$$

Орташа квадраттық ауытқу $[h_c]$ немесе h_c дисперсиядан квадрат түбір алынған кезде алынады. h_c шамасы $A-A$ түзуіне сәйкес келеді.

Математикалық күтуден есептелетін бір рет іске асыру ординаттарының абсолюттік мәндерінің орташа мәні (тікелей BB):

$$h_{ca} = \lim_{lh \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{lh} \right) s_o^{lh} (x) dx \quad (5)$$

$$K_h(x_1, x_2) = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^{\alpha} \frac{h_i(x_1)h_i(x_2)}{\alpha} \quad (6)$$

Жол микропрофилінің стационарлығы туралы болжам корреляциялық функцияны анықтауды едәуір жеңілдетеді: ол тек x_1 жол кесіндісінің шамасына байланысты. Корреляциялық функция барлық қарастырылған бөлімдер үшін бірдей болады. Сондықтан (6) теңдеуін келесідей көрсету керек:

$$K_h(X_e) = \lim_{l_h \rightarrow \infty} (1/l_h) \int_0^{l_h} h(x)h(x+x_e)dx \quad (7)$$

Егер корреляциялық функцияның ординаталарын дисперсияға жатқызсақ, онда біз нормаланған корреляциялық функцияны аламыз:

$$K_h^H(X_e) = K_h(X_e)/h^2 \sigma_k \quad (8)$$

мұндағы ординаттар өлшемсіз шамалар. Егер нормаланған корреляциялық функция берілсе, онда жолдың микропрофилінің дисперсиясы (орташа квадрат мән) бір уақытта белгілі болуы керек.

Егер микропрофильдің жол учаскесінің ұзындығы бойынша өзгеруі туралы түсінік (немесе уақыт бойынша кездейсоқ тербеліс процесі) корреляциялық функция арқылы көрсетілсе, онда басқа сипаттама (дисперсиялардың спектрлік тығыздығы немесе энергия спектрі) соққылардың немесе кедір-бұдырлардың ұзындықтарының қайталану жиілігі (кездейсоқ процестегі басым жиіліктер туралы) болып табылады. Спектрлік тығыздық «жол жиілігі» деп аталатын аргументке ие:

$$\omega_{\text{пут}} = 2\pi/l \quad (9)$$

мұндағы l -соққылардың немесе кедір-бұдырдың ұзындығы.

Айта кету керек, корреляциялық функция $k_h(l)$ және дисперсияның спектрлік тығыздығы $C_h(\omega_{\text{пут}})$ өзара Фурье түрлендіруі болып табылады:

$$K_h(X_1) = 2 \int_0^{\infty} C_h(\omega_{\text{пут}}) \cos(\omega_{\text{пут}}, X_1) d(\omega_{\text{пут}});$$

$$C_h(\omega_{\text{пут}}) = \left(\frac{1}{\pi}\right) \int_0^{\infty} K_h(X_1) \cos(\omega_{\text{пут}}, X_1) dX_1 \quad (10)$$

(10) теңдеу K_h к C_h -ден және кері ауысуға мүмкіндік береді, кездейсоқ функцияда периодтық компонент бар-жоғын білу қажет болғанда, екі басқару элементі де кездейсоқ жағдай туралы бірдей ақпаратты қамтиды. Спектрлік тығыздық жиілік компоненттерін анағұрлым айқын сипаттайды және оны кездейсоқ жол микропрофилінен туындаған АВС тербелістерін есептеу кезінде қолдану керек [4].

Егер спектрлік тығыздықтың шамасын дисперсияға жатқызатын болсақ, онда спектрлік тығыздықтың нормаланған шамасын алуға болады.

$$C_h^H(\omega_{\text{пут}}) = C_h(\omega_{\text{пут}}/h^2 \sigma_k) \quad (11)$$

Толқынды шығыңқылар және ойыстары бар жолдар үшін М.Д. және Н.Д. Агеевтер жоталар мен ойыстардың бағыттарын жолдың бойлық осіне перпендикуляр деп санауды ұсынды.

Бұл жағдайда жолдың микропрофилі екі параметрмен сипатталуы керек - орташа қиманың $h(x)$ ординаты және көлденең қиманың бұрышы. Бұл жағдайда жолдың микропрофилінің статистикалық сипаттамасын екі өлшемді процеске қарағанда екі қарапайым, корреляциялық функциямен көрсету керек

$$K_h(X_1) = \lim_{l_h \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{l_h}\right) \int_0^{l_h} h(x)h(x+x_e)dx \quad (12)$$

$$K_\beta(X_1) = \lim_{l_h \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{l_h}\right) \int_0^{l_h} \beta_h(x)\beta(x+x_e)dx \quad (13)$$

Талқылау

Автомобильдердің ауытқуы жол-көлік инфрақұрылымының негізгі буынына айналуға, өйткені бүгінгі күні олар ғылыми зерттеулер жүргізу үшін тиімді және қажетті құрал болып

табылады. Автомобиль тербелістерінің төмендеуін ескере отырып, байланыстырушы материалдарды тасымалдау сапасын арттыру саласындағы соңғы зерттеулер күрделілігі жоғары инженерлік және өндірістік мәселелерді шешудің тиімділігін және олардың халықаралық талаптарға сәйкестігін көрсетеді. Сондай-ақ, сарапшылар автомобиль тербелістерінің, дірілінің төмендеуін ескере отырып, байланыстырушы материалдарды тасымалдауға байланысты бірқатар жаңа технологиялардың дамуын болжайды.

Нәтижелері

Байланыстырушы материалдарды тасымалдаудың басқа да жаңа әдістері, автомобильдің тербелістерін, дірілін төмендетудің жаңа әдістері, атап айтқанда деректерге, мәліметтерге жақынырақ есептеулер, жалпы пайдалану үшін қол жетімді болатын жаңа есептеу парадигмалары пайда болуы мүмкін [5]. Жолдың микропрофилі келесі статистикалық сипаттамалары бар кездейсоқ функция ретінде қарастырылуы керек: орташа микропрофиль ординатасы немесе математикалық күту, орташа квадраттық ауытқу немесе ордината дисперсиясы, корреляциялық функция немесе спектрлік тығыздық.

Зерттеу нәтижесінде жолдың микропрофиліне қатысты кездейсоқ функцияның (процестің) негізгі статистикалық сипаттамаларын анықтау үшін тәуелділіктер алынды.

Қорытынды

Бетон қоспасының сапасын сақтау үшін әртүрлі сипаттағы және бағыттағы кедергі күштерінің әсерінен болатын өздігінен жүретін бетон араластырғыштың тербелісін азайту кезек күттірмейтін мәселе болды.

Бұл мәселені шешу үшін өздігінен жүретін бетон араластырғыштың барабанының тербелістерін сөндіретін құрылғы ұсынылады, яғни жолдың кедір-бұдыры кезінде дірілді жоюға мүмкіндік береді. Құрылғының негізгі қызметі сапа көрсеткіштерін қамтамасыз ететін амортизатор құрылғысының дизайнын әзірлеу болып табылады, нәтижесінде энергия шығындарын азайтады.

Әдебиеттер тізімі

1. Э.Р. Домке, С.А. Жесткова Методы оптимизации маршрутных схем развозки грузов автомобильным транспортом. Майкоп, 2019, 164 с.
2. А.М.Петренко Учебное пособие. Устойчивость специальных транспортных средств. М. МАДИ 2015. – 41 с.
3. Ж.В. Алборова Исследование плавности хода колесной машины при прямолинейном движении по неровностям пути. Политехнический молодежный журнал. 2017. № 9. 1–8 с.
4. Жилейкин М.М. Моделирование систем транспортных средств. Москва, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, 97 с.
5. Research on simulation and optimization of vehicle road noise based on random method Jiang D., Sun Z., Zhang Y., Yu X., Jia X. Vibroengineering PROCEDIA, Vol. 33, 2020, с. 136–140.

Г.К. Каленов, Н.К. Карбаев, Б.Т. Оразалиев, А. Сарсенкызы

Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, Қазақстан

Снижение колебания автомобиля при перевозке товарного бетона

Аннотация. В данной статье рассматриваются исследования одной из актуальных проблем перевозки связующих материалов автомобилями по отечественным магистралям. В

исследовании рассмотрены колебания автомобилей возмущающими силами, а также основные источники возмущения колебаний машин, т.е. неровности поверхности дороги, эксцентриситет, неравномерность движения и неуравновешенность колес, вращающихся частей двигателя, трансмиссии. Прослеживается идея зависимости колебаний автомобиля от дороги с неровной поверхностью, при этом обычно испытываются случайные колебания. Дается сравнение микропрофиля дороги как случайной функции протяженности дороги, пройденный путь взят за величину X . Это говорит о том, что его ординаты при любом значении X являются случайной величиной. В статье приведено четкое объяснение статистической характеристики случайной функции применительно к микропрофилю дороги. Она представляет собой средние значения, различные, если проводить осреднение по совокупности реализации или для одной реализации, т.е. по времени.

Ключевые слова: колебания автомобилей, неровности поверхности дороги, неуравновешенность колес, случайная функция, статистические характеристики.

G. Kalenov, N. Karbaev, B. Orazaliev, A. Sarsenkyzy
S. Seyfullin Kazakh agrotechnical university, Astana, Kazakhstan

Reduction of vehicle vibration during the transportation of ready-mixed concrete

Abstract: This article discusses the research of one of the urgent problems of transportation of binding materials by cars on domestic highways. The study examined the oscillations of cars by disturbing forces, as well as the main sources of disturbances of the oscillations of cars, i.e. road surface bumps; eccentricity, uneven movement and imbalance of the wheels; rotating parts of the engine; transmissions. The idea of the dependence of vehicle vibrations on a road with an uneven surface is traced, while usually experiencing random vibrations. The microprofile of the road is compared as a random function of the length of the road, the distance traveled is taken as the value of X , this tells us that its ordinates at any value of X are a random value. The article clearly explains the statistical characteristics of the random function in relation to the microprofile of the road. It represents the average values, which are different if averaged over the aggregate implementation or for one implementation, i.e. on time.

Keywords: expected cars, road surface irregularities, wheel imbalance, random function, statistical characteristics.

Авторлар туралы мәлімет:

Ғ.К. Каленов – т.ғ.к., кафедра меңгеруші, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университет, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

Н.Қ. Карбаев – т.ғ.к., аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университет, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

Б.Т. Оразалиев – т.ғ.к., доцент, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университет, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

А. Сәрсенқызы – магистр, аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университет, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

Ғ.К. Каленов – к.т.н., заведующий кафедры, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

Н.Қ. Карбаев – к.т.н., старший преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

Б.Т. Оразалиев – доцент, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

A. Сәрсенқызы – магистр, старший преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, пр. Женис, 62, Астана, Казахстан.

G. Kalenov – Candidate of Technical Sciences, head of department, S. Seifullin Kazakh Agrarian and Technical University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

N. Karbaev – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, S. Seifullin Kazakh Agrarian and Technical University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

B. Orazaliev – associate professor, S. Seifullin Kazakh Agrarian and Technical University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

A. Sarsenkyzy – Master, Senior Lecturer, S. Seifullin Kazakh Agrarian and Technical University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

Л.В. Вахитова, Ж.Ж. Альтаева*, Д.Н. Отегенов, Т.А. Сагымбаев

Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан
E-mail: vakhitovalv@mail.ru, *zhanar1009@mail.ru, dauletpecom@gmail.com, timasaginbaev01@gmail.com

Пути оптимизации дальних, местных и пригородных пассажирских перевозок в современных условиях

Аннотация. В данной статье авторами рассмотрен вопрос оптимизации пассажирских перевозок железнодорожным транспортом в условиях конкурентной борьбы с другими видами транспорта, реализующими перевозку пассажиров как по территории Казахстана (местные и пригородные пассажирские перевозки), так и в международном направлении. Проведен анализ современного состояния пассажирских перевозок в Республике Казахстан с разделением по видам транспорта. Изучены тенденции изменения пассажиропотоков по основным видам транспорта республики Казахстан. Выделены основные приоритетные направления развития железнодорожного пассажирского транспорта, которые могут позволить увеличить спрос на пассажирские перевозки. Рассмотрен зарубежный опыт введения и особенности реализации проектов скоростного и высокоскоростного движения пассажирских поездов развитых стран. Представлены рекомендации наиболее экономически эффективного подхода к увеличению скоростей движения пассажирских поездов на сети железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, международные пассажирские перевозки, пригородные перевозки, железнодорожные пассажирские перевозки, высокоскоростное движение поездов.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-165-172

Введение

В современном мире в условиях увеличения показателей подвижности и мобильности населения перевозка пассажиров является важным социально-экономическим аспектом развития экономики любой страны. В этой связи пассажирский транспорт играет огромную роль в жизнеобеспечении современного общества.

Сегодня перевозку пассажиров способны осуществить многие виды транспорта: автомобильный, железнодорожный, воздушный, водный и, как следствие этого, между ними возникает конкурентная борьба за рынки сбыта своей продукции. А так как продукцией транспорта является сама перевозка, то объектом конкуренции в данном случае являются пассажиры [1].

Каждый вид транспорта, участвующий в конкурентной борьбе за пассажира, имеет свои достоинства и недостатки, которые оказывают влияние на выбор вида транспорта пассажирами при совершении своих поездок. К примеру, в Казахстане основными видами транспорта, способными осуществить пассажирские перевозки, являются автомобильный, железнодорожный и воздушный. Как правило, каждый из представленных видов транспорта занимает свою нишу в процессе организации перевозок пассажиров: автомобильный транспорт занимает свои позиции в осуществлении городских и пригородных перевозок, железнодорожный удобен при поездках на дальние расстояния, а воздушный лидирует в высокоскоростных перевозках пассажиров. Однако в условиях рыночной экономики каждый вид транспорта старается реализовать себя не только в

своем сегменте, но и занять лидирующие позиции в целом на рынке пассажирских перевозок [1].

Анализ статистических данных по перевозке пассажиров в Республике Казахстан за январь-октябрь 2022 года по основным видам транспорта показал следующие результаты [2]:

1. В рассматриваемый период железнодорожным транспортом перевезено 16,3 млн. пассажиров, что больше, чем в период с января по октябрь 2021 года на 32,7 %;
2. Автомобильным и городским электрическим транспортом за период с января по октябрь 2022 года перевезено пассажиров на 2,7 % больше, чем в аналогичный период 2021 года;
3. В период с января по октябрь 2022 года воздушным транспортом перевезено 9 млн. пассажиров. Значение данного показателя на 15,8 % выше аналогичного периода за 2021 год.

Динамика изменения количества перевезенных пассажиров различными видами транспорта Республики Казахстан приведена на диаграмме 1.

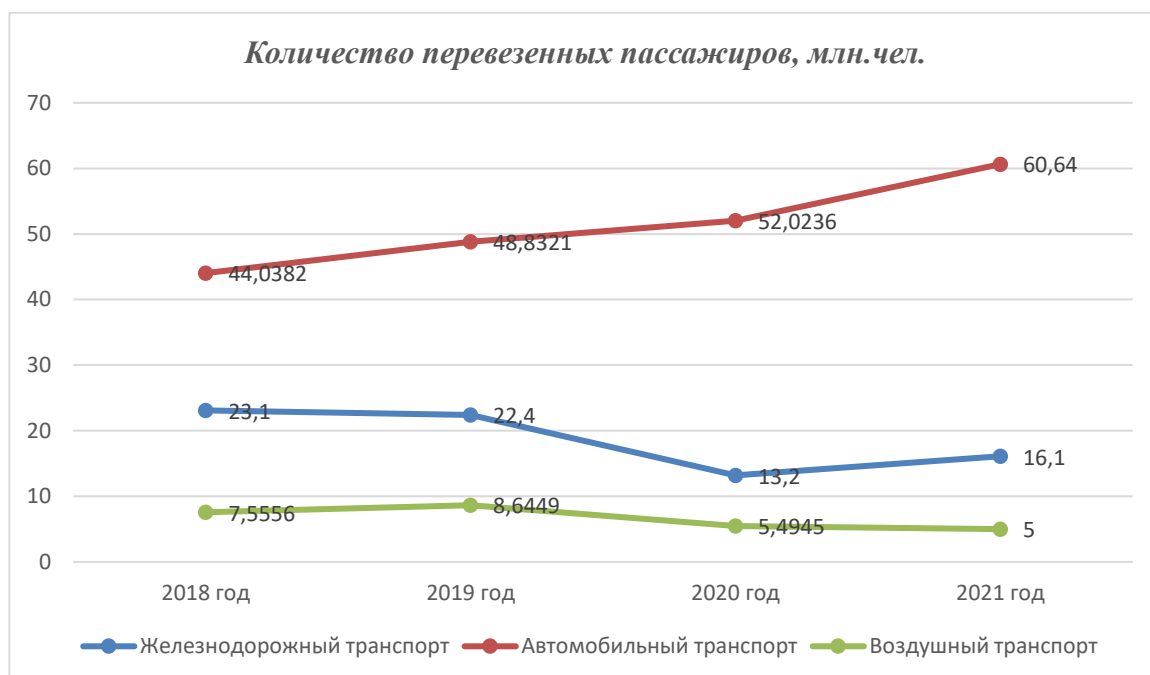


Рисунок 1. Динамика изменения пассажиропотока по основным видам транспорта в период с 2018 по 2021 год

Как видно из диаграммы, в целом пассажиропоток имеет тенденцию роста, хотя в 2020 году наблюдалось снижение пассажиропотока из-за ограничений в передвижении в связи с пандемией Covid-19. Тем не менее после снятия всех ограничений показатель пассажиропотока уверенно стремится в сторону увеличения. Следует предположить, что такая ситуация продолжится в ближайшие годы, в связи с чем каждому виду транспорта необходимо приложить не мало усилий для привлечения клиентов в условиях жесткой конкуренции [2].

Организация перевозки пассажиров осуществляется на различные расстояния. Структура перевозок пассажиров железнодорожным транспортом выделяет несколько сообщений (рис.2).



Рисунок 2. классификация железнодорожных пассажирских перевозок

Из рисунка 2 следует, что железнодорожный вид транспорта способен осуществлять перевозки пассажиров как на короткие (менее 150 км), так и на дальние расстояния (более 700 км) [3].

Кроме того, железнодорожный транспорт имеет ряд преимуществ, которые позволяют конкурировать с другими видами транспорта в борьбе за привлечение пассажиров. К ним следует отнести:

- высокий уровень безопасности;
- независимость от погодных и климатических условий;
- высокая пропускная и провозная способность;
- возможность реализации высоких скоростей;
- более комфортные условия поездок на большие расстояния;
- возможность предоставления широкого спектра сервисных услуг для пассажиров;
- невысокая стоимость проезда;
- низкий уровень вредного воздействия на окружающую среду (при условии использования электрической тяги) [3].

Однако при существующих преимуществах, как видно из рисунка 1, большая часть населения выбирает автомобильный вид транспорта для осуществления поездок. В данной ситуации на выбор вида транспорта оказывают влияние несколько факторов. В первую очередь, следует отметить, что значительное большинство для поездок (особенно в местном сообщении) использует личные автомобили. Кроме того, автомобильный вид транспорта позволяет организовать перевозку по принципу «от двери до двери», исключая дополнительные затраты времени пассажиров на поездку до железнодорожного вокзала (аэропорта). Также автомобильный вид транспорта оказывается более предпочтительным при осуществлении поездок на короткие расстояния (пригородное сообщение).

Исходя из вышесказанного, для увеличения спроса на железнодорожные пассажирские перевозки администрации железнодорожного транспорта необходимо реализовывать мероприятия по привлечению пассажиропотоков [4].

В настоящее время, как показывает опыт развитых стран, наиболее действенными путями совершенствования процесса организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте являются:

- увеличение скоростей движения пассажирских поездов, так как для пассажира сегодня наиболее ценным показателем является время, затрачиваемое на поездку;
- организация процесса перевозок пассажиров с применением логистических подходов, с учетом рационального и согласованной взаимодействия нескольких видов транспорта;
- совершенствование системы сервисного обслуживания пассажиров с применением информационных систем [4,7].

Как показывает практика, наиболее хорошие результаты наблюдаются при комплексном подходе реформирования пассажирских перевозок на любом виде транспорта. Иначе говоря, применение приведенных выше мероприятий должно быть комбинированным, так как разрозненное их применение не окажет желаемого влияния на увеличение спроса на пассажирские перевозки.

В настоящее время многие страны развивают скоростное и высокоскоростное движение пассажирских поездов (Германия, Франция, Испания, Италия, Китай, Япония, Южная Корея и многие другие). Изучение опыта внедрения высокоскоростного движения в этих странах показал, что только лишь увеличение скоростей движения недостаточно для успешной конкуренции железнодорожного транспорта с другими видами. Параллельно с увеличением скоростей также требуются совершенствование сервисного обслуживания пассажиров и применение логистического подхода для оптимизации процессов взаимодействия различных видов транспорта в процессе перевозки пассажиров [4,8].

Сам процесс введения высокоскоростного движения поездов, как правило, сопровождается решением вопросов финансирования данного проекта.

Процесс развития высокоскоростного движения поездов в разных странах складывается по-разному и на него оказывают влияние различные факторы (экономические, территориальные, политические, социальные, экологические и др.). В ряде стран для движения высокоскоростных поездов сооружаются отдельные высокоскоростные магистрали (ВСМ), а часть стран принимает решение об увеличении скоростей движения на уже существующих железнодорожных магистралях после их соответствующей реконструкции и модернизации.

Проекты строительства отдельно выделенных высокоскоростных магистралей являются очень дорогостоящими. Как показывает опыт стран, активно эксплуатирующих высокоскоростные поезда, эффект от внедрения высокоскоростного движения при строительстве отдельных ВСМ наблюдается в странах, имеющих высокий показатель индекса хозяйственного развития территории (I_R). Данный показатель был предложен географом и экономистом Д.И. Лопатниковым и учитывает плотность населения, ВВП на душу населения и размеры территории страны [4].

$$I_R = V/(P/S) \cdot 1/2 \quad (1)$$

где V - ВВП (ВРП) на душу населения (млн долл. США);

P – население страны, тыс. человек;

S – площадь территории, тыс. км².

Проекты строительства отдельно выделенных ВСМ для организации движения высокоскоростных поездов показали свою эффективность в тех странах, индекс хозяйственного развития территории которых на момент строительства ВСМ составил $I_R > 200$ или имел приближенное значение (таблица 1).

Таблица 1. Значения индекса хозяйственного развития территории при строительстве ВСМ

№	Страна	Наименование ВСМ	Дата введения в эксплуатацию	Индекс хозяйственного развития территории I_R
1	Япония	ВСМ Токио-Осака	1964 г.	215
2	Италия	ВСМ Диреттиссима	1992 г.	317
3	Франция	ВСМ Париж – Юго-Восток	1981 г.	198
4	Испания	ВСМ Мадрид-Севилья	1992 г.	123

Мировой опыт показывает, что организация высокоскоростного железнодорожного транспорта осуществима, если ВВП на душу населения, то есть уровень потребления, достаточно высок и если в пределах или рядом с перспективным высокоскоростным железнодорожным транспортным коридором имеется определенная плотность населения, но не обязательно всей страны [5,6].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что строительство отдельно выделенной высокоскоростной магистрали выгодно для стран с достаточно большой площадью территории, высоким показателем плотности населения и высоким показателем ВВП на душу населения.

Результат расчета индекса хозяйственного развития территории для Казахстана составил $I_R < 200$. Следовательно, в настоящее время строительство высокоскоростной магистрали в Республике Казахстан не целесообразно, так как страна при огромной территории имеет сравнительно не большой показатель плотности населения и данный проект окажется экономически не эффективным (таблица 2).

Таблица 2. Сравнительный анализ показателей социально-экономического развития стран (2021-2022 гг.)

№	Страна	ВВП (ППС) на душу населения, долл. США	Территория, км ²	Население, чел	Плотность населения, чел./км ²
1	Япония	43 194	377 976	125 309 000	332,2
2	Франция	45 454	643 801	68 084 217	105
3	Германия	56 226	357 385	83 019 200	232,3
4	Испания	43 154	505 990	47 163 418	94
5	Италия	40 066	302 073	58 983 122	201,1
6	Китай	21 291	9 598 962	1 411 778 724	146,3
7	Южная Корея	53 051	100 210	51 744 876	516
8	Тайвань	62 696	36 197	23 233 593	642
9	Россия	32 803	17 125 191	147 182 123	8,59
10	Казахстан	30 876	2 724 902	19 644 067	6,93

Вывод

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что в настоящее время совершенствование пассажирских перевозок на любом виде транспорта остается одной из важных факторов развития современного общества. Условия увеличения показателя мобильности населения, а также возросшие требования пассажиров к сервисному обслуживанию вынуждают транспортные администрации применять различные мероприятия, которые позволяют им успешно конкурировать с другими видами транспорта путем увеличения своей привлекательности.

В современном мире наиболее приемлемыми путями развития пассажирских перевозок являются: увеличение скоростей движения, совершенствование сервисного обслуживания и рационализация процессов взаимодействия с другими видами транспорта на основе логистических принципов.

Работа над увеличением скоростей движения поездов ведется уже достаточно длительный период многими странами. И уже имеются определенные положительные результаты в данном направлении развития железнодорожного транспорта. Лидерами в данном вопросе выступают страны Европы, Япония, Китай, Южная Корея и т.д. Благодаря изученному опыту реализации проектов введения высокоскоростного движения на железнодорожном транспорте, можно выделить два основных направления: строительство выделенных высокоскоростных магистралей и модернизация уже существующих железнодорожных линий под введение высокоскоростного движения. Как показывает опыт зарубежных стран, проекты строительства отдельных ВСМ оказываются экономически эффективными в тех странах, которые имеют достаточно высокие показатели социально-экономического развития территории (ВВП на душу населения, размеры территории, плотность населения и т.д.). Эти показатели определяют покупательскую способность населения и, соответственно, такие крупномасштабные проекты, как строительство ВСМ показывают свою целесообразность и сравнительно не большой срок окупаемости.

Так как в Республике Казахстан, который обладает обширной территорией и низкой плотностью населения, такие проекты будут весьма не эффективными, следовательно, развитие железнодорожного транспорта в области организации пассажирских перевозок должно пойти по принципу модернизации и реконструкции уже имеющейся инфраструктуры с применением логистических принципов в вопросах взаимодействия с другими видами транспорта и сервисного обслуживания пассажиров.

Список литературы

1. Котенко А.Г., Макарова Е.А. Организация пассажирских перевозок. Учебник. – М.: ФГБУ ДПО «УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте». – 2017 – 136 с.
2. Официальный сайт Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан [Электронный ресурс] <https://www.stat.gov.kz/official/industry/18/statistic/6>
3. Кудрявцев В.А. Организация железнодорожных пассажирских перевозок. Учебное пособие. 5-е изд. – М.: Академия. – 2013 – 256 с.
4. Киселева И.П. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс. Учебник. В двух томах. Том-1. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – 2014 – 303 с.
5. Вахитова Л.В., Киселева О.Г., Карпатов С. Renovation of railway transport infrastructure to ensure high speed running // Вестник КазНИТУ. – № 5 (135), – 2019. – С.160–163.
6. Вахитова Л.В., Серикпабев У.Т. Перспективы развития скоростного движения пассажирских и грузовых поездов в Республике Казахстан // Вестник КазАТК. – № 1 (104). – 2018. – С. 108–114.
7. Вахитова Л.В., Киселева О.Г. Развитие скоростного пассажирского движения на железнодорожной сети АО «НК «КТЖ» // Сборник научных трудов «Совершенствование технологии перевозочного процесса», посвященной 80-летию факультета «Управление процессами перевозок на железнодорожном транспорте». Новосибирск: СГУПС, 2015. – С.58–64.
8. Вахитова Л.В., Беркешева А.С. Особенности развития вокзальных комплексов на высокоскоростных магистралах // Сборник статей международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы общества, образования, науки и технологий: состояние и перспективы развития», Актобе, Баишев Университет, 2020. – С. 352–355.

Л.В. Вахитова, Ж.Ж. Альтаева, Д.Н. Отегенов, Т.А. Сағымбаев

Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан

Қазіргі жағдайда алыс, жергілікті және қала маңындағы жолаушылар тасымалын оңтайландыру жолдары

Аңдатпа. Бұл мақалада авторлар жолаушыларды Қазақстан аумағы бойынша (жергілікті және қала маңындағы жолаушылар тасымалы), сондай-ақ халықаралық бағытта тасымалдауды іске асыратын басқа көлік түрлерімен бәсекелестік күрес жағдайында теміржол көлігімен жолаушылар тасымалдарын оңтайландыру мәселесін қарастырды. Қазақстан Республикасында жолаушылар тасымалының қазіргі жағдайына талдау жүргізіліп, көлік түрлері бойынша бөлінді. Қазақстан Республикасының негізгі көлік түрлері бойынша жолаушылар ағынының өзгеру үрдістері зерделенді. Жолаушылар тасымалына сұранысты арттыруға мүмкіндік беретін теміржол жолаушылар көлігін дамытудың негізгі басым бағыттары бөлінді. Дамыған елдердің жолаушылар поездарының жүрдек және жоғары жылдамдықты қозғалысы жобаларын енгізудің шетелдік тәжірибесі мен іске асыру ерекшеліктері қаралды. Теміржол көлігі желісіндегі жолаушылар пойыздарының қозғалыс жылдамдығын арттыруға неғұрлым үнемді тәсілдеме ұсынылды.

Түйін сөздер: жолаушылар тасымалы, халықаралық жолаушылар тасымалы, қала маңындағы тасымалдау, теміржол жолаушылар тасымалы, пойыздардың жоғары жылдамдықты қозғалысы.

L. Vakhitova, Zh. Altayeva, D. Utegenov, T. Sagymbayev

Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan

Ways to optimize long-distance, local and suburban passenger transportation in modern conditions

Abstract. In this article, the authors consider the issue of optimizing passenger transportation by rail in terms of competition with other modes of transport that carry passengers both on the territory of Kazakhstan (local and suburban passenger transportation) and in the international direction. The analysis of the current state of passenger transportation in the Republic of Kazakhstan is carried out, divided by types of transport. The trends of changes in passenger traffic by the main modes of transport of the Republic of Kazakhstan are studied. The main priority directions of the development of railway passenger transport are highlighted, which can increase the demand for passenger transportation. The foreign experience of implementation and features of implementation of projects of high-speed and high-speed movement of passenger trains of developed countries are considered. Recommendations of the most cost-effective approach to increasing the speeds of passenger trains on the railway transport network are presented.

Keywords: passenger transportation, international passenger transportation, suburban transportation, railway passenger transportation, high-speed train traffic.

Сведения об авторах:

Л.В. Вахитова – к.т.н., ассоциированный профессор кафедры «Организация перевозок и эксплуатация транспорта», Академия логистики и транспорта, ул. Шевченко, 97, Алматы, Казахстан.

Ж.Ж. Альтаева – к.т.н., ассоциированный профессор кафедры «Организация перевозок и эксплуатация транспорта», Академия логистики и транспорта, ул. Шевченко, 97, Алматы, Казахстан.

Д.Н. Отегенов – магистрант кафедры «Организация перевозок и эксплуатация транспорта», Академия логистики и транспорта, ул. Шевченко, 97, Алматы, Казахстан.

Т.А. Сагымбаев – магистрант кафедры «Организация перевозок и эксплуатация транспорта», Академия логистики и транспорта, ул. Шевченко, 97, Алматы, Казахстан.

Л.В. Вахитова – т.ғ.к., «Тасымалдауды ұйымдастыру және көлікті пайдалану» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Логистика және көлік академиясы, Шевченко көш., 97, Алматы, Қазақстан.

Ж.Ж. Альтаева – т.ғ.к., «Тасымалдауды ұйымдастыру және көлікті пайдалану» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Логистика және көлік академиясы, Шевченко көш., 97, Алматы, Қазақстан.

Д.Н. Отегенов – «Тасымалдауды ұйымдастыру және көлікті пайдалану» кафедрасының магистранты, Логистика және көлік академиясы, Шевченко көш., 97, Алматы, Қазақстан.

Т.А. Сагымбаев – «Тасымалдауды ұйымдастыру және көлікті пайдалану» кафедрасының магистранты, Логистика және көлік академиясы, Шевченко көш., 97, Алматы, Қазақстан.

L. Vakhitova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Organization of Transportation and Operation of Transport», Academy of Logistics and Transport, 97 Shevchenko Str., Almaty, Kazakhstan.

Zh. Altayeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Organization of Transportation and Operation of Transport», Academy of Logistics and Transport, 97 Shevchenko Str., Almaty, Kazakhstan.

D. Otegenov – Master's student of the Department «Organization of Transportation and Operation of Transport», Academy of Logistics and Transport, 97 Shevchenko str., Almaty, Kazakhstan.

T. Sagymbayev – Master's student of the Department «Organization of Transportation and Operation of Transport», Academy of Logistics and Transport, 97 Shevchenko str., Almaty, Kazakhstan.

Бас редакторы: **Б.Б. Тогизбаева**

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.
- 1(142)/2023 - Астана: ЕҰУ. - 173 б.
Шартты б.т. – 10.8. Таралымы - 15 дана.
Басуға қол қойылды: 30.03.2023 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)

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің баспасында
басылды.