

**КАЗ
УТБ**

ISSN 2708-4132
ISSN (Online) 2363-1830

**ВЕСТНИК
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

№ 3(20)- 2023

ҚазТБҮ Хабаршысы

Вестник КазУТБ

Vestnik KazUTB



Астана - 2023

ISSN (Print) 2708 - 4132
ISSN (Online) 2663 - 1830

№ 3 (20) -2023

Қазақ технология және бизнес университеті
Kazakh University of Technology and Business
Казахский университет технологии и бизнеса

ҚазТБУ ХАБАРШЫСЫ
VESTNIK KazUTB
ВЕСТНИК КазУТБ

Жылына 4 рет шығады
Published 4 times a year
Выходит 4 раза в год

Астана - 2023
Astana - 2023

Бас редактор: С.Н.Байбеков

техн. ғыл. докторы, профессор «ҚазТБУ» АҚ Президент-ректоры

Бас редактордың орынбасары: М.Ч.Төлтабаев

техн. ғыл. докторы, профессор

Редакция алқасы:

Құлажанов Қ.С. х.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан)

Мансуров З.А. х.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан)

Фазылов С.Д. х.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан)

Құлажанов Т.К. т.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан)

Ізтаев А.И. т.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан)

Нұрахметов Б.К. т.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Шеров Т.К. т.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Mercade P.R. философия докторы (PhD) (Испания)

Жылысбаева Р.О. т.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Кәкімов А.К. т.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Узаков Я.М. т.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Додаев К.О. т.ғ.д., профессор (Өзбекстан)

Кузнецов О.Л. т.ғ.д., профессор (Ресей)

Мымрин В.А. т.ғ.д., профессор (Бразилия)

Маткаримов Б.Т. т.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Мұхамедиев Б.М. э.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Смағұлова Ш.А. э.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Пешков В. философия докторы (PhD), (Бельгия)

Айбульдинов Е.К. философия докторы (PhD), (Қазақстан)

Искакова Ж.Б. х.ғ.к., профессор м.а. (Қазақстан)

Жауапты редактор, ф. - м. ғ. к. - М.К.Оспанова

Меншіктенуші: «Қазақ технология және бизнес университеті» АҚ

ҚР Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 07. 02.2014 ж. № 14139-Ж тіркеу куәлігімен тіркелген.

Екінші тіркеу: 11.02.2020 - № KZ46VPY00020253.

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

ISSN: 2708-4132, **ISSN (Online):** 2663-1830

Тақырыптық бағыт: Ақпараттық-коммуникациялық және химиялық технология, Өңдеу және өңдеуші өнеркәсіптер (азық-түлік өнімдерінің технологиясы, тау-кен, мұнай-газ ісі, жеңіл өнеркәсіп өнімдерінің технологиясы және құрылысы), Экономика, бизнес және қызмет көрсету.

Редакцияның мекенжайы: 010000, Қазақстан, Астана қ., Қайым Мұхамедханов к-сі, 37 «А», тел.: +7(7172)72-58-12(134), e-mail: vestnik@kaztbu.kz

Главный редактор: С.Н.Байбеков

д.т.н., профессор, Президент-ректор АО «КазУТБ»

Заместитель главного редактора: М.Ч. Тулғабаев

д.т.н., профессор

Редакционная коллегия:

Кулажанов К.С. д.х.н., профессор, академик НАН РК (Казахстан)

Мансуров З.А. д.х.н., профессор, академик НАН РК (Казахстан)

Фазылов С.Д. д.х.н., профессор, академик НАН РК (Казахстан)

Кулажанов Т.К. д.т.н., профессор, академик НАН РК (Казахстан)

Изтаев А.И. д.т.н., профессор, академик НАН РК (Казахстан)

Нурхметов Б.К. д.т.н., профессор (Казахстан)

Шеров Т.К. д.т.н., профессор (Казахстан)

Mercade P.R. доктор философии (PhD) (Испания)

Жилисбаева Р.О. д.т.н., профессор (Казахстан)

Какимов А.К. д.т.н., профессор (Казахстан)

Узаков Я.М. д.т.н., профессор (Казахстан)

Додаев К.О. д.т.н., профессор (Узбекистан)

Кузнецов О.Л. д.т.н., профессор (Россия)

Мымрин В.А. д.т.н., профессор (Бразилия)

Маткаримов Б.Т. д.т.н., профессор (Казахстан)

Мухамедиев Б.М. д.э.н., профессор (Казахстан)

Смагулова Ш.А. д.э.н., профессор (Казахстан)

Пешков В. доктор философии (PhD), (Бельгия)

Айбульдинов Е.К. доктор философии (PhD), (Казахстан)

Искакова Ж.Б. к.х.н., асс. профессор (Казахстан)

Ответственный редактор, к.ф.-м.н. - М.К.Оспанова

Собственник: АО «Казахский университет технологии и бизнеса».

Регистрация: Министерство информации и коммуникаций Республики Казахстан. Комитет Информации.

Дата и номер первичной постановки на учет: № 14139-Ж от 07.02.2014.

Вторичная постановка на учет: 11.02.2020 - № KZ46VPY00020253.

Периодичность: Ежеквартально.

ISSN: 2708- 4132, **ISSN (Online):** 2663-1830.

Тематическая направленность: Информационно-коммуникационные и химические технологии, Производственные и обрабатывающие отрасли (технология продовольственных продуктов, горное дело, нефтегазовое дело, технология и конструирование изделий легкой промышленности, Экономика, бизнес и услуги).

Адрес редакции: 010000, г. Астана, Есильский район, ул.Кайыма Мухамедханова, 37 «А» тел.: (7172)72-58-12(134), e-mail: vestnik@kaztbu.kz

© **Казахский университет технологии и бизнеса**

Chief editor: S.N.Baybekov

Doctor of Technical Sciences, Professor, «President-rector of JSC KazUTB»

Deputy editor: M.Ch.Tultabaev

Doctor of Technical Sciences, *Professor*

Editorial board:

Kulazhanov K. S. Doctor of Chemistry Sciences, Academician NAS RK (Kazakhstan)

Mansurov Z. A. Doctor of Chemistry Sciences, Academician NAS RK (Kazakhstan)

Fazylov S.D. Doctor of Chemistry Sciences, Academician NAS RK (Kazakhstan)

Kulazhanov T.K. Doctor of Technical Sciences, Academician NAS RK (Kazakhstan)

Iztayev A.I. Doctor of Technical Sciences, Academician NAS RK (Kazakhstan)

Nurakhmetov B.K. Doctor of Technical Sciences, Professor (Kazakhstan)

Sherov T.K. Doctor of Technical Sciences, Professor (Kazakhstan)

Mercade P.R. Doctor of Philosophy (PhD) (Spain)

Zhilisbayeva R.O. Doctor of Technical Sciences, Professor (Kazakhstan)

Kakimov A.K. Doctor of Technical Sciences, Professor (Kazakhstan)

Uzakov Ya.M. Doctor of Technical Sciences, Professor (Kazakhstan)

Dodayev K.O. Doctor of Technical Sciences, Professor (Uzbekistan)

Kuznetsov O.L. Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

Mymrin V. A. Doctor of Technical Sciences, Professor (Brazil)

Matkarimov B.T. Doctor of Technical Sciences, Professor (Kazakhstan)

Mukhamediyev B. Doctor of Economics, Professor (Kazakhstan)

Smagulova A.S. Doctor of Economics, Professor (Kazakhstan)

Peshkov V. Doctor of Philosophy (PhD) (Belgium)

Aibuldinov Ye.K. Doctor of Philosophy (PhD), (Kazakhstan)

Iskakova J.B. Candidate of Chemical Sciences, ass.Professor (Kazakhstan)

Responsible editor, Candidate of Physical and Mathematical Sciences -M.K.Ospanova

Owner: JSC «Kazakh University of technology and business».

Registration: Ministry of information and communications of the Republic of Kazakhstan. Committee of Information.

Date and number of initial registration: 14139-Z from 07.02.2014.

Secondary registration: 11.02.2020- № KZ46VPY00020253.

Frequency: Quarterly.

ISSN: 2708- 4132, **ISSN (Online):** 2663-1830.

Thematic direction: Information and communication and chemical technologies, Manufacturing and manufacturing industries (food technology, mining, oil and gas business, technology and design of light industry products), Economy, business and services.

Address of edition: 010000, Astana city, Esil district, Kaiym Mukhamedkhanov Street, 37 «A», tel.: (7172)72-58-12 (134), e-mail: vestnik@kaztbu.kz

МАЗМУНЫ – СОДЕРЖАНИЕ – CONTENTS

1 Информационно-коммуникационные и химические технологии	2
T.Zh. Mazakov, A.T. Mazakova, Sh.A. Jomartova, G.Z. Ziyatbekova, A.A. Sametova, A.D. Burgegulov CONSTRUCTION OF A ONE-DIMENSIONAL GRAPH OF THE TERRAIN BY WIND DIRECTION	2
Novitsky V. O. DEVELOPMENT OF A STRUCTURAL AND FUNCTIONAL MODEL OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR DESIGNING ASPIRATION NETWORKS	8
Г.Ж. Шуйтенов, С.А. Алтынбек, А.С. Тургинбаева, С.Э. Сантеева АНАЛИТИКА НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ФРЕЙМВОР- КОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ	19
С.А. Алтынбек, Г.Ж. Шуйтенов, У.К. Турусбекова, В.К. Кубекова МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ АНАЛИЗА НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ: ТЕОРИЯ ВЕ- РОЯТНОСТЕЙ БАЙЕСА И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ	28
Д.С. Жамангарин, А.Д. Тулегулов, Д.С. Ергалиев, Ж.М. Ташенова, М.Ж. Ергеш АВТОКӨЛКТЕРДІҢ ҚИЫЛЫСТАҒЫ ЖҮРІСІН АДАПТИВТІ БАСҚАРУ	37
А. Т. Мазакова, А. Ж. Кенжебаева, А.Т. Турсынбай, Т.Ж. Мазаков, Ш. А. Джомартова, Г. З. Зи- ятбекова АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ВЫВОДА УРАВНЕНИЙ ФАРМАКОКИНЕТИКИ	48
Н.У Нургалиев, А.Ж.Хамит, Э.Б. Жунусова, Х.Б. Омаров, А.А.Ахаева, А.К. Жумабекова, А.И. Иварай МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЛОЕВОЙ ГАЗИФИКАЦИИ САРЫАДЫРСКОГО УГЛЯ	56
Попов А.Ю. СИНТЕЗ ФИШЕРА-ТРОПША НА ПРОМОТИРОВАННЫХ КОБАЛЬТСОДЕРЖАЩИХ КА- ТАЛИЗАТОРАХ	65
2 Производственные и обрабатывающие отрасли	73
I.V.Pulatov, Sh.A. Ishniyazova, K.O. Dodaev, A. Туреунов STUDY OF THE CONTENT OF TOXICANTS IN FISH ORGANS AND TISSUES	73
A.I. Samandarov, D.K. Maksumova, K.O. Dodaev TECHNOLOGICAL SCHEME FOR PROCESSING MULBERRY FRUITS FOR JUICE AND CONCENTRATE. MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS OF SEDIMENT DECANTATION IN JUICE	78
A.I. Samandarov, D.K. Maksumova, K.O. Dodaev MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS EVAPORATION OF MULBERRY FRUITS JUICE	88
А. Искинеева, А. Мустафаева, Р. Бакирова, С. Фазылов ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНО ОБОГАЩЕННОГО МЯС- НОГО ПРОДУКТА С КЛАТРАТНО КАПСУЛИРОВАННЫМИ ВИТАМИНАМИ	96
М.С. Үсенбеков, Т.К. Исабек, Р.К. Камаров, М.М. Баизбаев ЖАҚЫН ЖАТҚАН ЖОҒАРЫ ГАЗДЫ КӨМІР ҚАБАТТАРЫН ҚАЗУДА ГАЗДЫҢ ШЫҒУ ДИНАМИКАСЫ	103
С. Тянах, М. И. Байкенов, Ма Фэн-Юнь, А.М. Макашева, Т.О. Хамитова, В.П. Малышев, А. Мол- дабаев КЛАСТЕРНО-АССОЦИИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ВЯЗКОСТИ СРЕДНЕЙ ФРАКЦИЙ НЕФ- ТЕШЛАМА (АТАСУ-АЛАШАНЬКОУ)	112
N.T. Smailova, A.Y. Popov TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE RECONSTRUCTION OF THE SECTION OF THE MAIN OIL AND GAS PIPELINE	122

С.Ж. Галиев, Е.Т. Утешов, Е.Е. Сарсенбаев, Д.А. Галиев, Н.Е.Аксаналиев МЕТОДОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ОТКРЫХ РАЗРАБОТКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	128
3 Экономика, бизнес и услуги	139
А.Т. Мазакова, А.М. Калимолдаев, Ш.А. Джомартова, Н. Байшолан, А.А. Кульжанова, Т.Ж. Ма- заков УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫМ ПОРТФЕЛЕМ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКО- ГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	139
S.A. Saginova, A.S.Baktymbet, A. N. Bigalieva DEVELOPMENT OF CROSS-BORDER ECONOMIC ZONES AS A FACTOR OF ENSURING FOOD SECURITY IN KAZAKHSTAN	147
G. A. Shmarlovskaya, A.Serikkyzy A. METHODICAL APPROACHES TO ENHANCING BUSINESS PROCESSES THROUGH INNOVATION IMPLEMENTATION AT THE ENTERPRISE	154

CONSTRUCTION OF A ONE-DIMENSIONAL GRAPH OF THE TERRAIN BY WIND DIRECTION

T.Zh. Mazakov^{1,2*}, A.T. Mazakova², Sh.A. Jomartova², G.Z. Ziyatbekova^{1,2}, A.A. Sametova², A.D. Burgegulov^{1,2}

¹RSE Institute of Information and Computational Technologies MSHE RK CS,
Almaty, Kazakhstan,

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: dizel_kz@bk.ru

Three-dimensional surfaces are important objects for the study of modern geographic information systems. Currently, the number of works on this topic is growing rapidly due to the introduction of information systems. They present mathematical models of three-dimensional images. Many scientific studies are devoted to the problem of synthesis of realistic images, as well as the construction of surface models based on Delaunay triangulation. The Delaunay triangulation problem is one of the basic ones in computational geometry. Many other problems are reduced to it, it is widely used in computer graphics and geographic information systems for modeling surfaces and solving spatial problems. As practice shows, the choice of structure to represent triangulation has a significant impact on the theoretical complexity of algorithms, as well as on the speed of a particular implementation. In addition, the choice of structure may depend on the purpose of further use of triangulation. To bring the terrain model closer to the real one, additional elements are introduced into it, which ensure that its linear and area structural elements are considered and displayed. In this regard, there is a need to develop and study a mathematical model of terrain display, considering its illumination by applying a linear density. This paper is devoted to solving these problems. The software for the computer is designed to build a one-dimensional graph of the terrain along the wind direction based on the original terrain elevation matrix. The program is included in the hardware-software complex «monitoring of the fire safety system».

Keywords: hardware and software package, terrain, automated system, fire safety.

ПОСТРОЕНИЕ ОДНОМЕРНОГО ГРАФИКА РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ВЕТРА

Т.Ж. Мазаков^{1,2*}, А.Т. Мазакова², Ш.А. Джомартова², Г.З. Зиятбекова^{1,2}, А.А. Саметова², А.Д. Бурегулов^{1,2}

¹Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, Алматы, Казахстан,

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,
e-mail: dizel_kz@bk.ru

Трёхмерные поверхности являются важными объектами для изучения современных геоинформационных систем. В настоящее время количество работ по этой теме быстро растёт в связи с внедрением информационных систем. В них представлены математические модели трёхмерных изображений. Многие научные исследования посвящены проблеме синтеза реалистических изображений, а также построению моделей поверхности на основе триангуляции Делоне. Задача построения триангуляции Делоне является одной из базовых в вычислительной геометрии. К ней сводятся многие другие задачи, она широко используется в машинной графике и геоинформационных системах для моделирования поверхностей и решения пространственных задач. Как показывает практика, выбор структуры для представления триангуляции оказывает существенное влияние на теоретическую трудоёмкость алгоритмов, а также на скорость конкретной

реализации. Кроме того, выбор структуры может зависеть от цели дальнейшего использования триангуляции. Для приближения модели рельефа к реальной в неё внедряются дополнительные элементы, обеспечивающие учёт и отображение её линейных и площадных структурных элементов. В связи с этим возникает необходимость разработки и исследования математической модели отображения местности с учётом её освещённости путём применения линейной плотности. Решению этих задач посвящена данная работа. Программное обеспечение для ЭВМ предназначено для построения одномерного графика рельефа местности по направлению ветра на основе исходной матрицы высот рельефа местности. Программа включена в состав комплекса ПАК «мониторинг системы обеспечения противопожарной безопасности».

Ключевые слова: программно-аппаратный комплекс, рельеф местности, автоматизированная система, пожарная безопасность.

ЖЕЛ БАҒЫТЫНА СӘЙКЕС ЖЕР БЕДЕРІНІҢ БІР ӨЛШЕМДІ ГРАФИГІН САЛУ

А.Т. Мазакова^{1,2*}, Т.Ж. Мазаков^{1,2}, Ш.А. Джомартова², Г.З. Зиятбекова^{1,2}, А.А. Саметова², А.Д. Бургегулов^{1,2}

¹Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,

²әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,
e-mail: dizel_kz@bk.ru

Үш өлшемді беттер қазіргі геоақпараттық жүйелерді зерттеу үшін маңызды нысандар болып табылады. Қазіргі уақытта ақпараттық жүйелерді енгізуге байланысты осы тақырып бойынша жұмыстар саны тез өсуде. Олар үш өлшемді кескіндердің математикалық модельдерін ұсынады. Көптеген ғылыми зерттеулер реалистік кескіндерді синтездеу мәселесіне, сондай-ақ Делон триангуляциясына негізделген беттік модельдерді құруға бағытталған. Делон триангуляциясын құру міндеті есептеу геометриясындағы негіздердің бірі болып табылады. Оған көптеген басқа міндеттер кіреді, ол машиналық графикада және геоақпараттық жүйелерде беттерді модельдеу және кеңістіктік есептерді шешу үшін кеңінен қолданылады. Тәжірибе көрсеткендей, триангуляцияны білдіретін құрылымды таңдау алгоритмдердің теориялық күрделілігіне, сондай-ақ нақты іске асыру жылдамдығына айтарлықтай әсер етеді. Сонымен қатар, құрылымды таңдау триангуляцияны одан әрі қолдану мақсатына байланысты болуы мүмкін. Рельеф моделін нақты модельге жақындату үшін оның сызықтық және аумақтық құрылымдық элементтерін есепке алуды және көрсетуді қамтамасыз ететін қосымша элементтер енгізіледі. Осыған байланысты сызықтық тығыздықты қолдану арқылы оның жарықтандырылуын ескере отырып рельефті картаға түсірудің математикалық моделін әзірлеу және зерттеу қажеттілігі туындайды. Бұл жұмыс осы мәселелерді шешуге арналған. Компьютерлерге арналған бағдарламалық жасақтама жер бедерінің биіктіктерінің бастапқы матрицасы негізінде жел бағыты бойынша жер бедерінің бір өлшемді графигін құруға арналған. Бағдарлама «өртке қарсы қауіпсіздікті қамтамасыз ету жүйесінің мониторингі» бағдарламалық-аппараттық кешенінің құрамына енгізілген.

Түйінді сөздер: программалық-аппараттық кешен, жер бедері, автоматтандырылған жүйе, өрт қауіпсіздігі.

Introduction. With the development of satellite technology, geoinformatics is becoming more and more widespread. Important objects of modern GIS research are three-dimensional surfaces. In recent years, the number of works on this topic has grown rapidly due to the deployment of information systems. Works [1-2] present mathematical models of three-dimensional images. Dissertations [3-6] are devoted to the problem of synthesizing realistic images. A number of works are devoted to building surface models based on Delaunay

triangulation [7-11].

In this regard, there is a need to develop and investigate a mathematical model of terrain mapping, taking into account its density of lines. Applying methods of interpolation of two-dimensional function allows to obtain smoother surface views. In [12] a program for interpolation of a two-dimensional function was developed.

Currently, in connection with the intensive

development of remote sensing of the Earth and other planets, much attention is paid to the detection and analysis by space imaging materials of ring structures. The study of ring structures is of great importance in the search for new mineral deposits.

Materials and methods. Input and output data are organized as separate files and contain information of one of the following types:

- parameter data;
- initial regular terrain elevation matrix;
- result vector of terrain cross-section values in the wind direction.

Results and discussion. To represent the surface topography, there is a data display model in a certain format. The format supports a relatively simple description of an object as a regular list of points in the terrain elevation. The files are arranged in the form of a header, which defines the number of rows and columns of the original matrix and the following list of elements themselves. Elements - terrain elevation in the regular surface grid.

In the ASCII version of the format each vertex is described by one number (z-coordinate).

In case of insufficient number of rows and columns or unsmoothness of the original surface, the authors have developed a program of cubic interpolation, which calculates a new regular DEM with large DEM size from the original regular DEM [12].

The algorithm for constructing a cross-section of the terrain surface is based on the interpolation of the surface elevation matrix. In it, uniformly distributed points in three-dimensional space are interpolated by a continuous function of two independent variables. To build the DEM cross section graph the following steps are performed: formation of reference nodes in wind direction (azimuth), calculation of interpolation value in these nodes.

In the result file Graf1.txt the elements of the calculated section of the DEM are written sequentially.

Numerical solution of problems with specific initial data

When you access the mRelVet program, the following head module form is displayed (Figure 1).

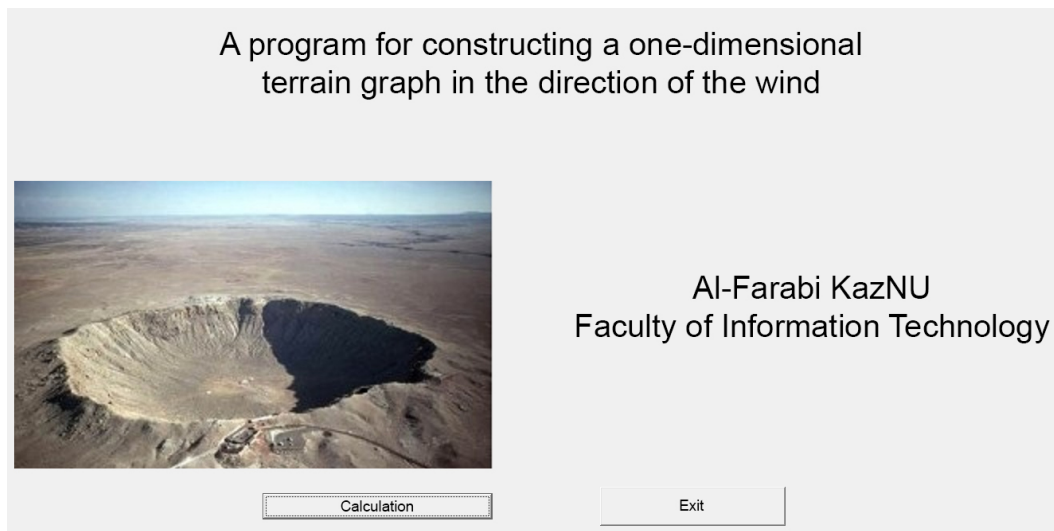


Fig. 1 - The head form of the mRelVet program

When you press the "Calculate" button, the algorithm for constructing the section of surface topography is performed, taking into account the following parameters and suggestions:

1) The OX axis points east; the OY axis points north (Figure 2);

2) Alfa - azimuth (angle between north and wind direction) in degrees;

3) Points (X_n, Y_n) , (X_n, Y_k) , (X_k, Y_n) and (X_k, Y_k) define a rectangle bounding the study area.

4) Point (X_d, Y_d) specifies the coordinates of the wind direction and force sensor.

Figure 3 shows graphically the Graf2.txt source file for the mRelVet program using the Excel software tool. As an example, the data on the Shunak crater (matrix 17*17) are used.

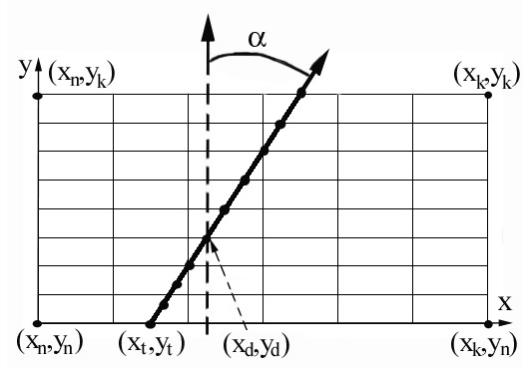


Fig. 2 - Diagram of the location of the main points

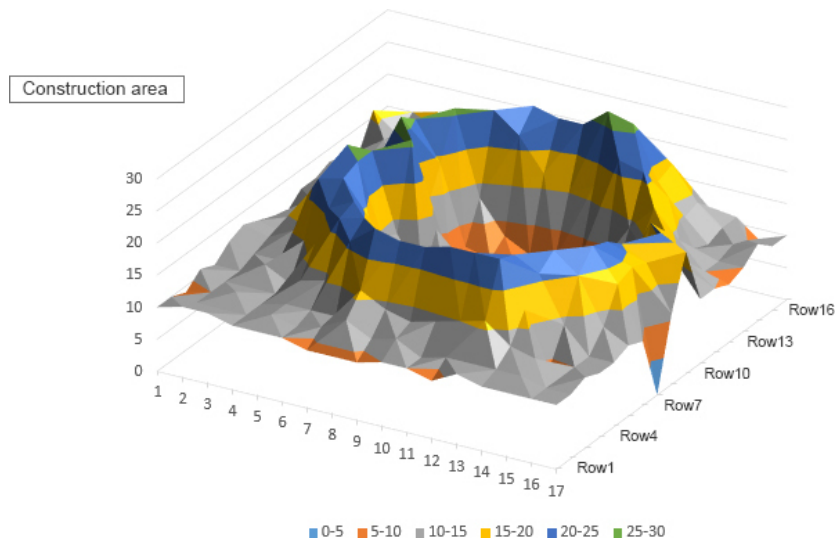


Fig. 3 - Source file for the mRelVet program

The following Figures 4-7 graphically show the results of the mRelVet program at different values of the Alfa angle.

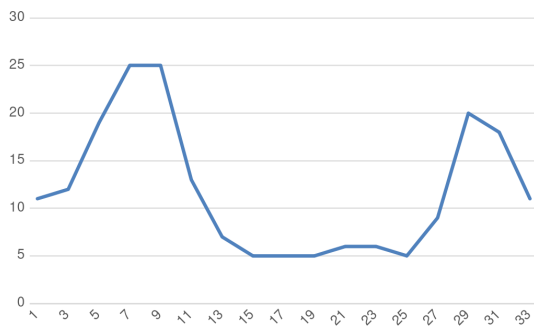


Fig. 4 - Sectional graph at Alfa = 0

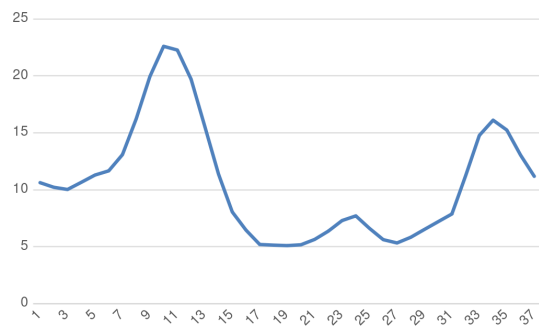


Fig. 5 - Sectional graph at Alfa = 30

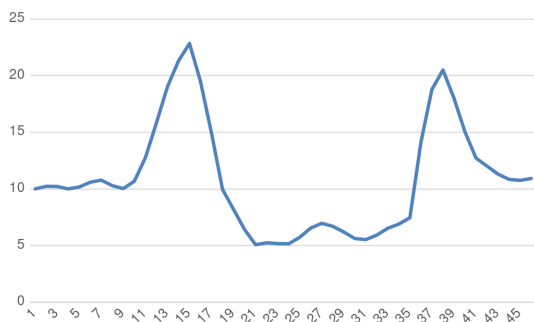


Fig. 6 - Sectional graph at Alfa = 45

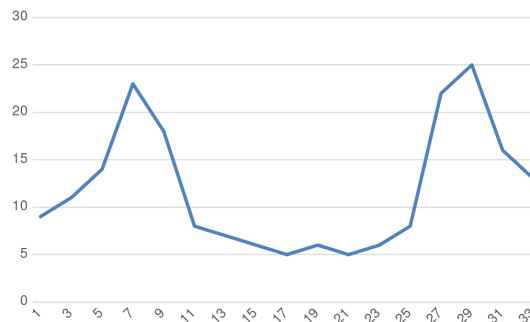


Fig. 7 - Sectional graph at Alfa = 90

The program developed will be widely used. In particular, it is planned to develop a system for monitoring and predicting the direction of fires on its basis [13-14].

Conclusions. The article describes a program for spatial display of surface topography, taking into account its illumination on raster-type graphical devices.

The presented work contains research and development, which can be seen as a solution to an urgent scientific problem, dedicated to the development of monitoring technology for fire safety system (terrain elevation matrix).

The main theoretical results of the work are as follows:

1) Mathematical apparatus and theoretical foundations of the new technology of automated construction of a one-dimensional terrain relief graph by wind direction on the basis of the original terrain elevation matrix.

2) Mathematical model for taking into account terrain illumination due to the density of lines.

3) algorithms and software modules that implement the developed technology of automated fire safety system.

The practical value of the work lies in the fact that the developed technology and algorithms can solve the problem of an automated system to ensure fire safety from digital data. And can also be used in scientific and practical research on wind direction based on the original terrain elevation matrix.

References

1. Soyfer V.A. Computer Image Processing. Part 1. Mathematical models // Sorosovsky obozovaniye zhurnal, 1996. - No. 2. - Pp.118-124.
2. Soyfer V.A. Computer Image Processing. Part 2. Methods and algorithms // Sorosovsky obozovaniye zhurnal, 1996. - No. 3. - Pp.110-121.
3. Galaktionov V.A. Software technologies for synthesis of realistic images // Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Physical and Mathematical Sciences, specialty 05.13.11 - "Mathematical and Software for Computers, Complexes and Computer Networks". - M.: 2006. - 36 p.
4. Voloboy A.G. Research and Development of Algorithms, Methods and Software Tools for the Problem of Realistic Images Synthesis // Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Physical and Mathematical Sciences, specialty 05.13.11 - "Mathematical and Software for Computers, Complexes and Computer Networks". - M.: 2005. - 28 p.
5. Klimina S.I. Analysis and development of computational structures for rasterization and calculation of surface illumination during the generation of realistic images // Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of the Technical Sciences, specialty 05.13.13 - "Computing machines, complexes, systems and networks". - SPb. 1994. - 18 p.
6. Nguyen The Cong. Research and development of a high-performance algorithm for building digital elevation models // Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of the Technical Sciences, specialty 25.05.35 - "Geoinformatics". - M.: 2011. - 24 p.

7. Kuchunova E.V., Rulev A.V. Computational algorithm for constructing the surface of the terrain relief // Educational Resources and Technologies, 2016. - No. 2 (14). - Pp.192-195.

8. Skvortsov A.V. Delaunay triangulation and its application. - Tomsk: Publishing house of Tomsk University, 2002. - 128 p.

9. Skvortsov A.V., Mirza N.S. Algorithms of construction and analysis of triangulation. - Tomsk: Tomsk University Press, 2006. - 168 p.

10. Khlebnikov V.V., Yurov A.A. Modeling of realistic three-dimensional scenes in real time // TSU Bulletin, 2010. - Vol. 15. - Issue. 1. - 320 p.

11. Khlebnikov V.V., Yurov A.A. Simulation of realistic images of objects using different algorithms for calculating the illumination of three-dimensional scenes in real time // TSU Bulletin, 2010. - Vol. 15. - Issue. 2. - Pp. 732-735.

12. Dzhomartova Sh.A., Mazakov T.Zh., Mazakova A.T. Automated search system for ring structures // Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, 2016. - No. 1 (59). - Pp. 59-64.

13. Dorrer G.A. Dynamics of forest fires. - Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2008. - 404 p.

14. Perminov V.A. Mathematical modeling of the occurrence of high and mass forest fires // Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Physical and Mathematical Sciences. - Tomsk, 2010.

Information about the authors

Mazakov T.Zh. - NAO Al-Farabi Kazakh National University, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, Almaty, Kazakhstan, Chief Researcher at the RSE Institute of Information and Computational Technologies of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, e-mail: tmazakov@mail.ru;

Mazakova A.T. - doctoral student at NAO Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aigerym97@mail.ru;

Jomartova Sh.A. - NAO Al-Farabi Kazakh National University, doctor of technical sciences, ass.professor, Almaty, Kazakhstan, e-mail: jomartova@mail.ru;

Ziyatbekova G.Z. - PhD, Acting Associate Professor NAO Al-Farabi Kazakh National University; Senior Researcher at the RSE Institute of Information and Computational Technologies of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, e-mail: ziyatbekova@mail.ru;

Sametova Aigerim Aidarkyzy - doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: sametova_aygerim@mail.ru;

Burgegulov Akylytay Duysenbekovich - doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: dizel_kz@bk.ru

Сведения об авторах

Мазаков Т.Ж. - доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Института Информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, профессор НАО Казахского национального университета имени аль-Фараби, e-mail: tmazakov@mail.ru;

Мазакова А.Т. - докторант НАО Казахского национального университета имени аль-Фараби, e-mail: aigerym97@mail.ru;

Джомартова Ш.А. - доктор технических наук, доцент НАО Казахского национального университета имени аль-Фараби, e-mail: jomartova@mail.ru;

Зиятбекова Г.З. - PhD, и.о. доцента НАО Казахского национального университета имени аль-Фараби; старший научный сотрудник Института Информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, e-mail: ziyatbekova@mail.ru;

Саметова А.А. - докторант КазНУ имени аль-Фараби, e-mail: sametova_aygerim@mail.ru;

Бурегулов А.Д. - докторант КазНУ имени аль-Фараби, e-mail: dizel_kz@bk.ru.

DEVELOPMENT OF A STRUCTURAL AND FUNCTIONAL MODEL OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR DESIGNING ASPIRATION NETWORKS

Novitsky V. O.

Russian Biotechnological University, Moscow, Russia,
email: nvo60@mgupp.ru

Currently, the situation with the sale of grain products of the Russian Federation by an external consumer is quite complicated. A large amount of grain products remains unclaimed and requires processing in the domestic market.

In this regard, the capacities of existing enterprises are not sufficient for storage and processing. To increase the processing of grain products, it is necessary to build new processing enterprises.

The technology of processing grain products requires the implementation of a number of safety-related measures, in particular with dust removal and dust protection. For the implementation of safety measures, the installation and installation of aspiration networks is carried out. The set of aspiration networks includes a large number of equipment and components. Aspiration networks of enterprises are a complex and responsible economy, on which the technological processes of functioning of the entire milling enterprise depend.

The calculation of aspiration networks, a rather laborious process currently carried out mainly manually, takes a long time. Automation of the design of aspiration networks, an urgent and in-demand necessity, both for Russia and all the countries of the Eurasian Economic Community.

The presented article shows the methodology for the development of a structural and functional model (SPM) of an automated aspiration network design system using the SADT, IDEF0 methodology. SFM is used in the development of an information logic model (IFM) and a program algorithm for calculating the aspiration network.

Keywords: aspiration network, model, SADT methodology, decomposition, program.

АСПИРАЦИЯЛЫҚ ЖЕЛІЛЕРДІ ЖОБАЛАУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІНІҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ-ФУНКЦИОНАЛДЫҚ МОДЕЛІН ӘЗІРЛЕУ

Новицкий В.О.

Ресей биотехнологиялық университеті, Мәскеу қ., Ресей,
email: nvo60@mgupp.ru

Қазіргі уақытта Ресей Федерациясының астық өнімдерін сатудағы жағдай, сыртқы тұтынушы өте күрделі. Астық өнімдерінің көп мөлшері талап етілмейді және ішкі нарықта қайта өңдеуді қажет етеді.

Осыған байланысты қолданыстағы кәсіпорындардың қуаты сақтау және қайта өңдеу үшін жеткіліксіз. Астық өнімдерін қайта өңдеуді ұлғайту үшін жаңа қайта өңдеу кәсіпорындарын салу қажет.

Астық өнімдерін қайта өңдеу технологиясы қауіпсіздікке, атап айтқанда шанды кетіруге және шаңнан қорғауға байланысты бірқатар шараларды орындауды талап етеді. Қауіпсіздік жөніндегі іс-шараларды іске асыру үшін аспирация желілерін монтаждау және инсталляциялау орындалады. Аспирациялық желілер жиынтығына көптеген жабдықтар мен компоненттер кіреді. Кәсіпорындардың аспирациялық желілері-бұл бүкіл ұн тартатын кәсіпорынның технологиялық процестері тәуелді болатын күрделі және жауапты шаруашылық.

Аспирациялық желілерді есептеу, Қазіргі уақытта негізінен қолмен жүзеге асырылатын уақытты қажет ететін процесс ұзақ уақытты алады. Аспирациялық желілерді жобалауды автоматтандыру, Ресей үшін де, Еуразиялық экономикалық одақтың барлық елдері үшін де өзекті және сұранысқа ие қажеттілік.

Ұсынылған мақалада sadt, ideo әдістемесін қолдана отырып, аспирациялық желіні жобалаудың автоматтандырылған жүйесінің құрылымдық-функционалды моделін (SFM) әзірлеу әдістемесі көрсетілген. SFM ақпараттық-логикалық модельді (IFM) және аспирациялық желіні есептеуге арналған бағдарлама алгоритмін жасауда қолданылады.

Түйін сөздер: аспирациялық желі, модель, sadt әдістемесі, ыдырау, бағдарлама

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСПИРАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Новицкий В.О.

Российский биотехнологический университет, Москва, Россия,

email: nvo60@mgupp.ru

В настоящее время ситуация с реализацией зернопродукции Российской Федерации, внешним потребителем достаточно сложна. Большое количество зернопродукции остается невостребованной и требует переработки на внутреннем рынке.

В этой связи мощности существующих предприятий не достаточны для хранения и переработки. Для увеличения переработки зернопродукции необходимо строительство новых перерабатывающих предприятий.

Технология переработки зернопродукции, требует выполнения ряда мероприятий связанных с безопасностью, в частности с удалением пыли и защиты от запыления. Для реализации мероприятий по безопасности, выполняется монтаж и инсталляции сетей аспирации. В комплект аспирационных сетей входит большое количество оборудования и комплектующих. Аспирационные сети предприятий - сложное и ответственное хозяйство, от которого зависят, технологические процессы функционирования всего мукомольного предприятия.

Расчет аспирационных сетей, достаточно трудоемкий процесс, осуществляемый в настоящее время в основном в ручную, занимает продолжительное время. Автоматизация проектирования аспирационных сетей, актуальная и востребованная необходимость, как для России, так и всех стран ЕвраЭС.

В представленной статье, показана методология разработки структурно-функциональной модели (СФМ) автоматизированной системы проектирования аспирационной сети с использованием методологии SADT, IDEFO. СФМ используется, при разработке информационно-логической модели (ИФМ) и алгоритма программы для расчета аспирационной сети.

Ключевые слова: аспирационная сеть, модель, методология SADT, декомпозиция, программа.

Introduction. Aspiration is the extraction of air from equipment in order to create a vacuum inside workspaces or protective casings necessary to prevent the release of dust into production facilities [1-6].

The main purpose of aspiration is to prevent dust explosions in the food industry, which is formed during technological processes [1-6].

Each aspiration (ventilation) installation consists of the following five parts:

ventilated objects (machines, apparatuses, mechanisms, bunkers, silos and other devices);

air ducts designed to move air in the desired direction at a given speed;

dust collectors for cleaning the aspiration air from dust (cyclones, filters, etc.);

winner (fan, deflector) for communicating energy to the air flow;

auxiliary equipment (recirculating apparatus, heat exchanger, heater, air conditioner, valves, instrumentation, etc.)

The totality of all these parts is called a ventilation (aspiration) installation, ventilation system, or aspiration (ventilation) network.

Figure 1 shows a typical scheme of the ventilation system of mill production.

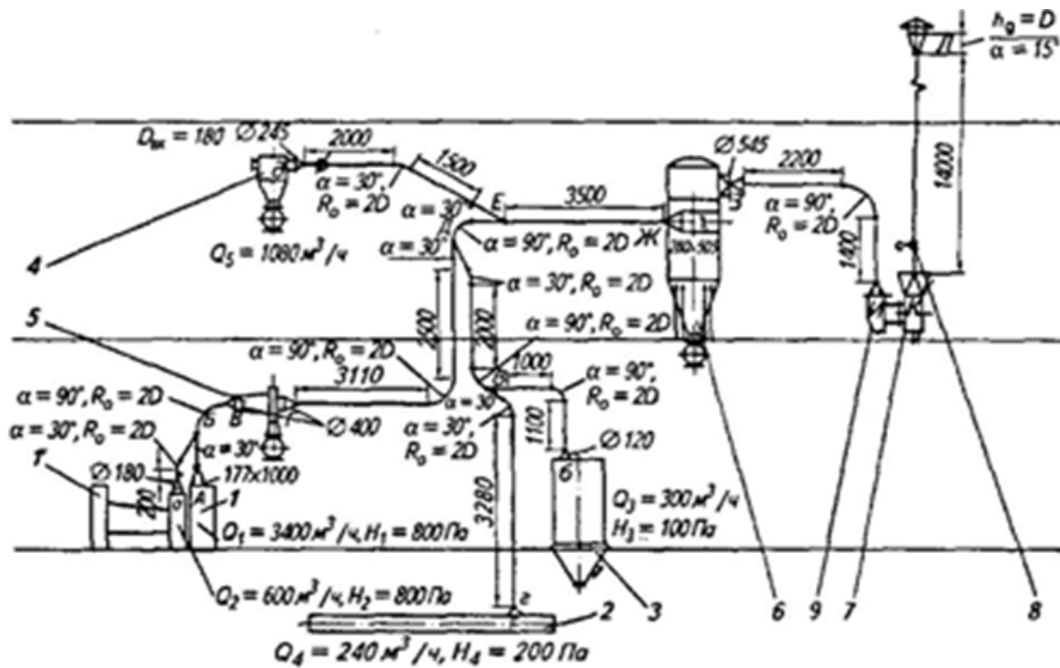


Fig. 1 – Typical ventilation scheme of mill production

where

- 1 is the pneumoseparating channel separator;
- 1* -screen body;
- 2-screw conveyor;
- 3-wallpaper machine;
- 4-unloader;
- 5-horizontal cyclone;
- 6-filter;
- 7-fan;
- 8-gate valve;
- 9- entrance box.

As a rule, this scheme is present at all mill enterprises, and therefore the composition and functionality of the equipment differs only by the manufacturer and technical characteristics.

The purpose of the study is to develop a structural and functional model of an automated system for designing aspiration networks of mill production. To fulfill the objectives of the study, it is necessary to solve the following tasks:

- determine the equipment to be aspirated;
- to calculate the multiplicity of air exchange and substantiate the choice of types of projected networks;
- perform the layout of aspiration networks;

- perform calculation, selection of dust collectors and determination of their resistance;
- preliminary selection of the fan to the network;
- arrangement of dust collectors and fan;
- perform the design of the duct route;
- perform the calculation of the aspiration network;
- design of wiring diagrams.

Methods and materials. The research uses the methodology of system analysis, the practical experience of the author, the SADT methodology of structural analysis and design, the Bp-win software tool.

Discussion of the results. When calculating the data, recommendations and theoretical calculations are considered [7-9]. Let's consider the mathematical formulation of the problem of our research. The calculation of the multiplicity of air exchange is calculated by the formula (1):

$$i = \frac{Q_{\text{обш}}}{V_n} \quad (1)$$

1) Calculation of dust collectors and selection of dust collectors is calculated by formulas (2) and (3):

$$H_{\phi} = 100 \left(\frac{Q_{\text{ул}}}{60} \right)^{1,3} \quad (2)$$

$$Q_{ya} = \frac{Q_{\phi}}{S_{\phi}} \quad (3)$$

Q_f - the flow rate of air entering the filter;

Q_{sp} - normative specific load on the filter cloth;

2) The preliminary selection of the fan is calculated by the formula (4):

$$Q_v = Q_{net} + Q_{ps} \quad (4)$$

3) The design of the pipeline route is calculated by the formula (5):

$$D = 19 \sqrt{\frac{Q}{v}} \quad (5)$$

Q - the air consumption is equal to the sum of the expenses of the aspirated machines;

v - air velocity (16..18 m/s).

4) The calculation of aspiration units is carried out according to the formula (6):

$$Q_v = \sum Q_m + Q_{ps} \quad (6)$$

where

Q_v - air consumption for fan selection;

$p_v = 1.1 \cdot H_{net} = 1.1 \sum H_{net}$.

P_v - fan pressure;

4) The total resistance of the network is calculated by the formula (7):

$$H_{net} = \sum H_{net.p.m} = H_{m1} + \sum H_n + H_e + H_{is} + H_{p.v} \quad (7)$$

5) The pressure loss in the section is calculated by the formula (8):

$$H_{los} = R_l + H_{ms} \quad (8)$$

where

$$H_d = \frac{pv^2}{2}$$

H_d - dynamic pressure;

The formulas presented above are used to calculate the parameters of the aspiration network in the automated design system program, the block diagram of which is developed according to the structural and functional model discussed below.

Using the SADT methodology and the technology of the graphic language of the IspIDEF0, we develop a parent diagram Fig. 2., (the text of the diagrams is in Russian).

In the parent diagram, as input data, the following are used:

- a list of classifiers;
- data on the company and equipment;
- request for the design of aspiration networks;
- request for generating reports.

The following mechanisms are used:

- personnel;
- Software and computers.

The following are used as controls :

- GOST standards;
- documentation;
- regulatory documents;

C the result of the parent model is to get:

- reports of calculations of aspiration networks;
- schemes of aspiration networks;

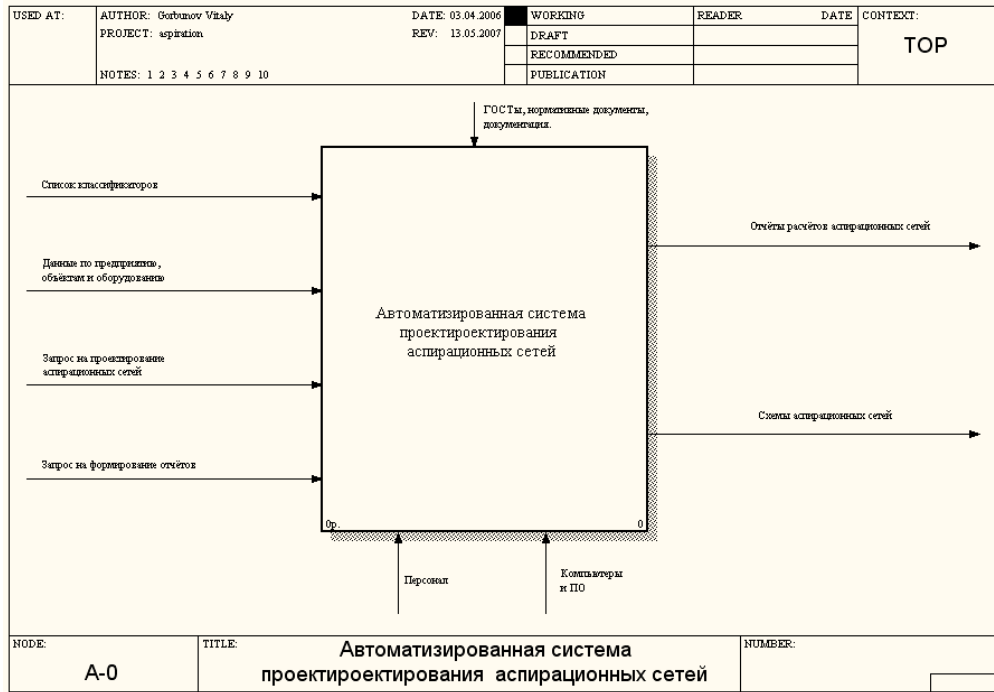


Fig. 2 – Parent diagram of the automated aspiration network design system

Let's carry out the decomposition of the parent diagram, the result of the decomposition is shown in Fig. 3.

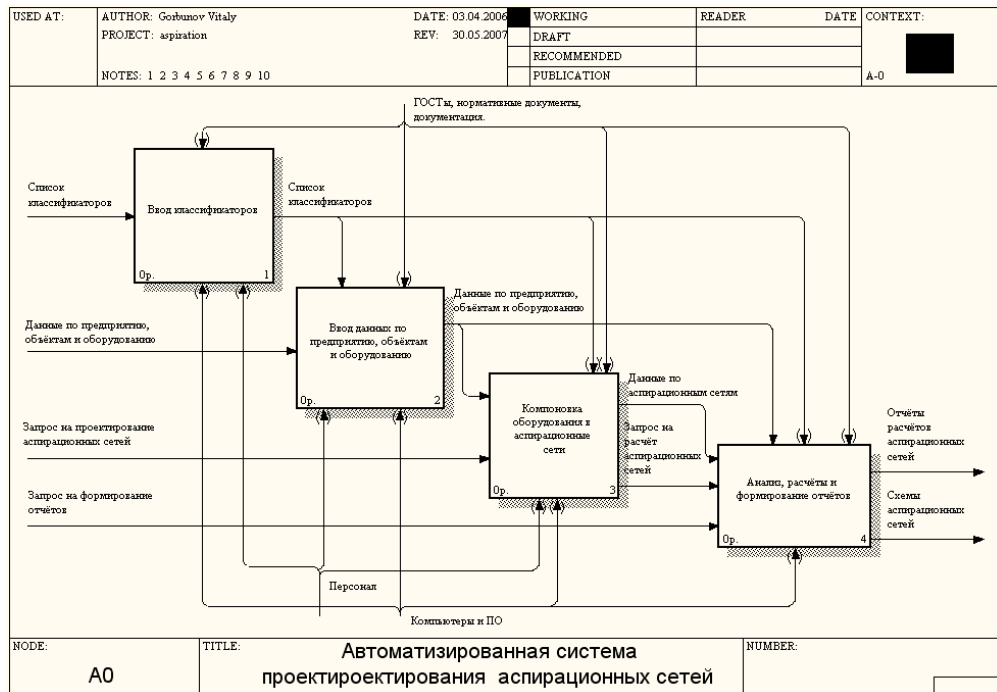


Fig. 3 – Decomposition of the parent diagram

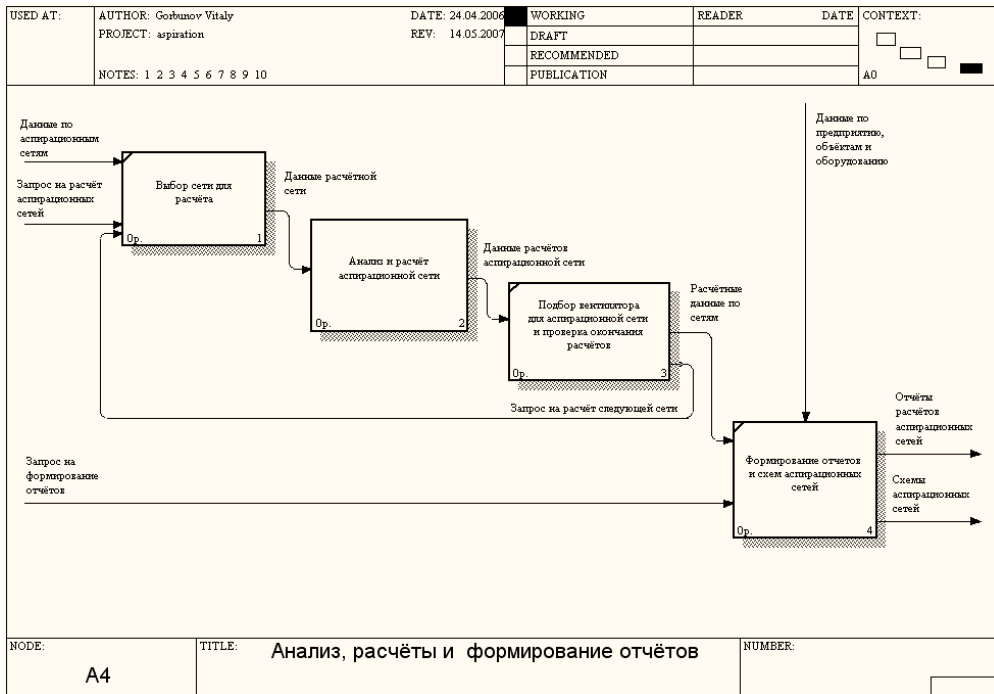


Fig. 4 – decomposition of the operator block "analysis of calculations, generation of reports"

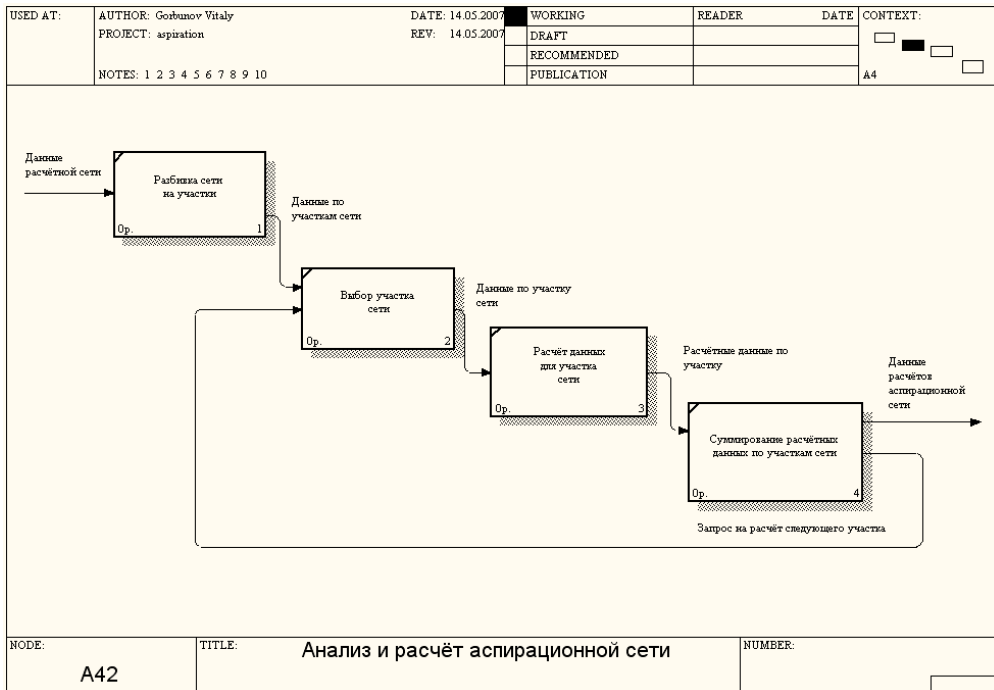


Fig. 5 – Decomposition of the operator block "analysis and calculation of the aspiration network"

In the diagram shown in Fig. 3, there are 4 operator blocks:

- entering classifiers;
- entering data on the company and equipment;
- arrangement of equipment of aspiration networks;
- analysis of calculations, generation of reports.

Each of the operators is connected by connections or interface arcs that provide conceptual and logical movement of the ongoing production (business) processes.

We will carry out the decomposition of the block operator "analysis of calculations, generation of reports", the result is shown in Fig.4.

As can be seen from Fig.4, as a result of decomposition, 4 operator blocks are obtained:

- selection of the network for calculation;
- analysis and calculation of the aspiration network;
- selection of a fan for the aspiration network, checking the end of the calculation;
- generation of reports and schemes of the aspiration network.

The SADT methodology allows you to simplify each block operator as much as possible, until you get a complete picture of the business processes and the absence of a team of authors or experts of questions on the project.

In order to obtain more complete information on the block operator "analysis and calculation of the aspiration network", we will carry out its decomposition, the resulting diagram is shown in Fig. 5.

As can be seen from the diagram in Fig.5, 4 operator blocks are obtained:

- network breakdown into sections;
- selection of the network section;
- calculation of data for a network section;
- summation of data by network sections.

We see that the decomposition of diagrams allows us to approach the solution of the project tasks in more detail, eliminate errors already at the design stages, which reduces the costs associated with revision and increasing the time for project development.

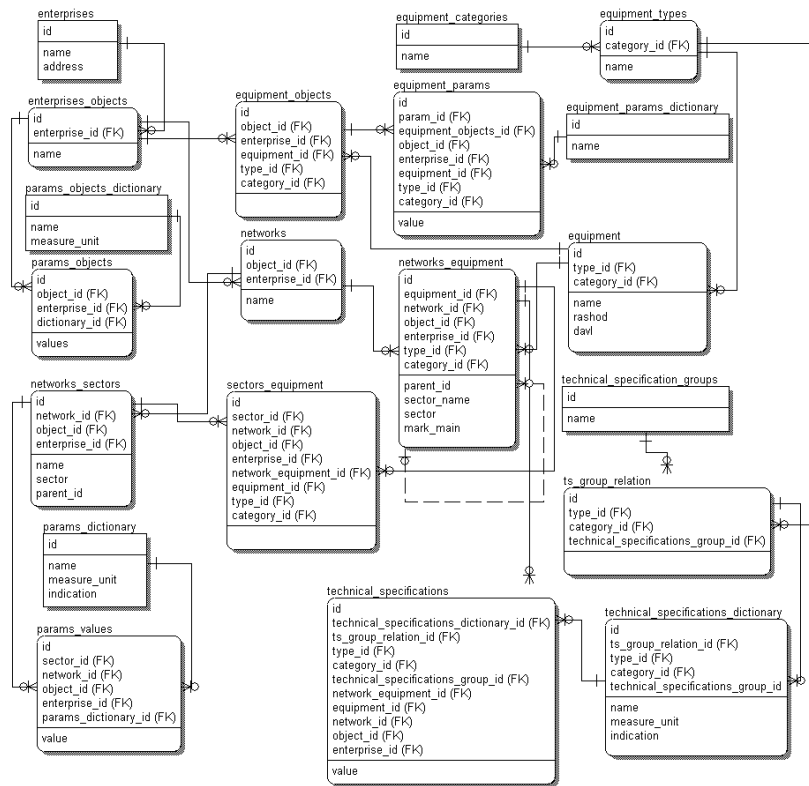


Fig. 6 – ASPAS information and logic model

The advantages of SADT technology, IDEF0 technology, include such qualities as visibility, reliability, ensuring the introduction of clarifications, the possibility of refinement without affecting the decisions of the main business processes, simplicity, flexibility. In this regard, the obtained structural and functional model of the automated aspiration network design system (SFMASPAS) was used as a base for the implementation of the grant project.

Conclusions. On the basis of the developed SFMASPAS, an information and logical model of an automated aspiration network design system (IFMASPAS) was created using the IDEF1X software tool, Fig. 6.

Description of the methodology and development of

IFL is not considered in this article. Based on the IFL, an automated system for designing aspiration networks (SPAS) has been created that allows:

- automate calculations of aerodynamic characteristics of aspiration units;
- eliminate the possibility of errors in calculations;
- exclude exceeding the norms of the system parameters;
- significantly reduce the time spent on design.

The program (ASPAS) is developed in the object-oriented C++ language, in the Borland C++ Builder 6 Enterprise environment, in Russian.

The main menu of the program (ASPAS) is shown in Fig. 7.

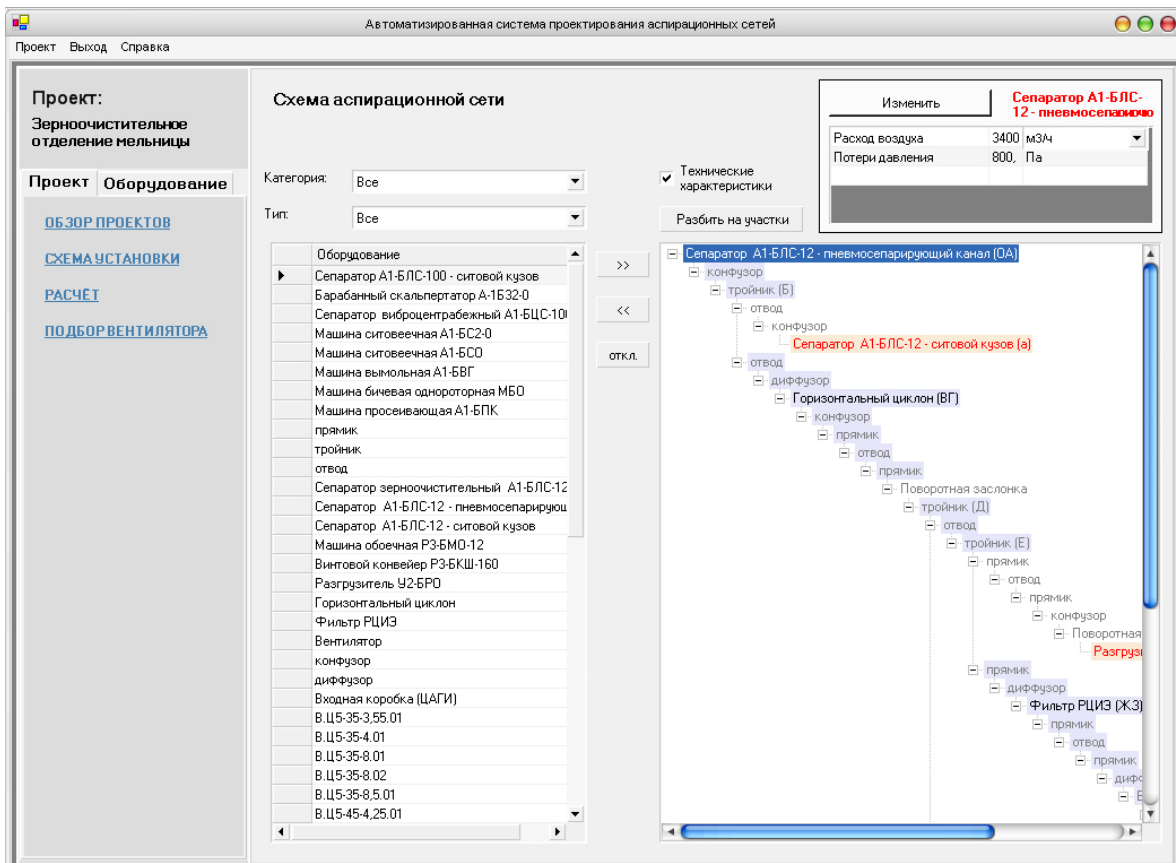


Fig. 7 – Program Menu (ASPAS)

Figure 8 shows the program interface for data input and output.

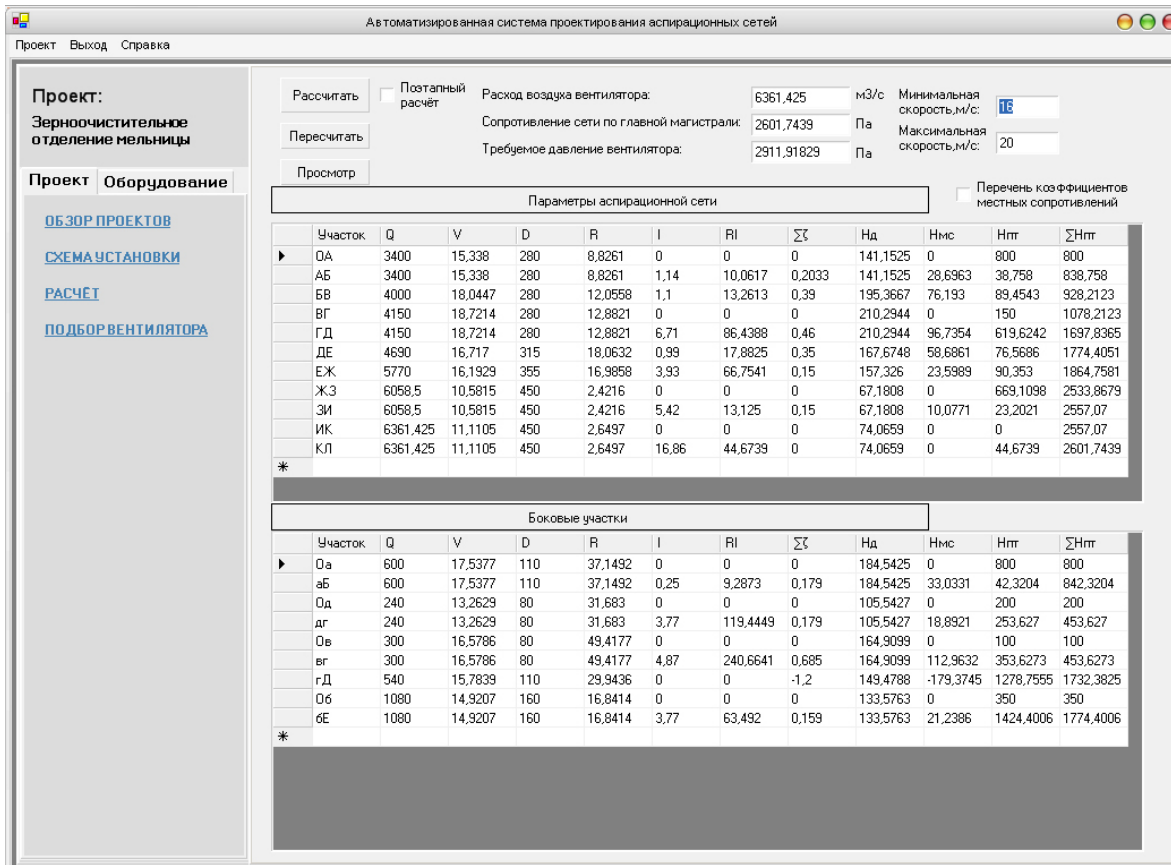


Fig. 8 – Program Interface (ASPAS)

In Fig. 9, the result of calculating the type of fan.

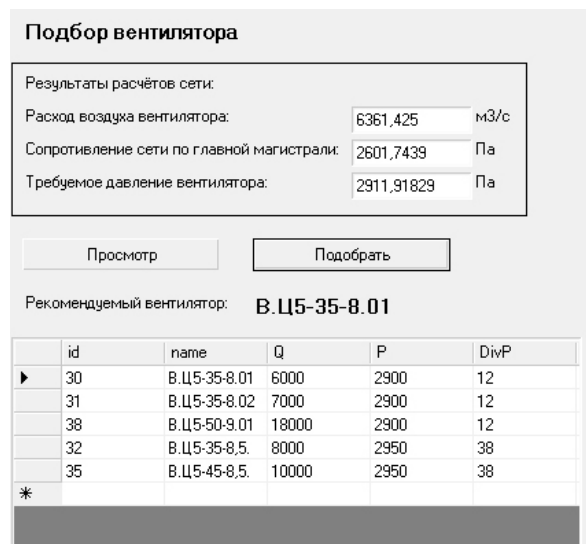


Fig. 9 – Fan type calculation

Figure 9 shows an example of the output of reports in the program (ASPAS).

№ дет. код	НАИМЕНОВАНИЕ ДЕТАЛИ	Размеры деталей в мм						Угол в град.	Количество		Примечание
		Д1 А	Д2 Б	Д3 В	Д4 Г	высота Н	длина М		штук	к-во	
1	гр.шнес	80					1000	1	0,25	0,25	
2	гр.шнес	80					1100	1	0,28	0,28	
3	гр.шнес	80					2000	1	0,5	0,5	
4	гр.шнес	80					3280	1	0,82	0,82	
5	гр.шнес	160					1500	1	0,75	0,75	
6	гр.шнес	160					2000	1	1,01	1,01	
7	гр.шнес	280					2500	1	2,2	2,2	
8	гр.шнес	280					3110	1	2,74	2,74	
9	гр.шнес	355					3500	1	3,9	3,9	
10	гр.шнес	450					1400	1	1,98	1,98	
11	гр.шнес	450					14000	1	19,79	19,79	
12	гр.шнес	450					2200	1	3,11	3,11	
13	тройшнес	110	80	80				30	1		
14	тройшнес	280	280	110				30	1		
15	тройшнес	280	315	110				30	1		
16	тройшнес	315	355	160				30	1		
17	шестифутор	280	400			223,92		30	1	0,24	0,24
18	шестифутор	355	505			425,35		20	1	0,57	0,57
19	шестифутор	450	400			2864,72		1	1	3,82	3,82
20	шестифутор	450	500			408,75		7	1	0,61	0,61
21	кошфутор	80	120			190,29		12	1	0,06	0,06
22	кошфутор	80	300			410,53		30	1	0,25	0,25
23	кошфутор	110	180			130,62		30	1	0,06	0,06
24	кошфутор	160	245			102,6		45	1	0,07	0,07

Fig. 10 – Example of generating reports in the program (ASPAS)

The developed program (ASPAS), as shown by practical application and comparison with existing analogues [10-11], has the following advantages:

- significant reduction in the cost of design and calculation of aspiration units;
- reducing the time to search for information and reference materials;
- reduction of labor costs of employees for the design of aspiration networks in design organizations, grain companies and large grain enterprises;
- reduction of time for the formation of

specifications and wiring diagrams of aspiration systems;

- reduction of the development time of aspiration system projects by 10-15 times compared to the manual method;
- compliance with modern requirements for the design of production and technological systems.

Currently, the developed program (ASPAS) is used in the educational process of Moscow Academy of Food Production, as well as in project organizations in Russia.

Referenses

1. Rizhenko, E. T. Eseeva, G. K., Abdikalikova N. KH/ Elevatornoe, mykomol'noe, krypyannoe i kombikormovoe proizvodstvo. ["Elevator, flour milling, grain and feed production"]: [Text]/Nur-Sultan:NAS "Talap". 2020.–305 s.
2. Veden'ev, V. F. Aspiracionnie ustanovki predpriyatii po khraneniu i pererabotke rastitelnogo sir'ya. [Aspiration installations of plants for the storage and processing of vegetable raw materials]: [Text]/.M.–DeLi plus.-2018. ISBN 978-56041-606-0-2.
3. Antipov, S. T., Kretov I. T. Mashini i apparati pishevikh proizvodstv. [Food production machines and apparatuses]: [Text]/pod redakciei akademika rossiiskoi akademii sel'skokhozyastvennikh nauk V. A. Panfilova - M.: Vissh, Shk., 2019.- 703 s.: il. ISBN 5-06-004168-9.
4. Petrenko, N. V. Proizvodstvennaya saniteriya i gigiena truda. Raschen system aspiracii predpriyatii po khraneniu i pererabotke zerna. [Industrial sanitation and occupational hygiene calculation of aspiration systems

of grain storage and processing enterprises]:[Text]/ N. V. Petrenko: Azovo-chernomorskii inzheneranii instityt FGBOY Donskoi GAY. - Zelenograd, 2017. - 162 p.

5. Isyanov, L. V., Vasil'eva E. A., i drygie. Osnovi proektirovaniya pileylavlivaushikh ystanovok dlya ochistki ventilyacionnikh vibrosoy. [FUNDAMENTALS OF DESIGNING DUST COLLECTING PLANTS FOR CLEANING VENTILATION EMISSIONS]:[Text];ychebnoe posobie, 2-e izd., pererab. i dop, VSHTe SpbUPTD. –Spb., 2016. - 50 s.

6. Logachev I.N. Aerodinamicheskie osnovy aspiratsii. [AERODYNAMIC BASICS OF ASPIRATION]: [Text]: Monografiya / I.N. Logachev. - Sankt-Peterburg: Khimizdat, 2005. - 659 s.

7. Ykazaniya po proektirovaniyu aspiratsionnikh ystanovok predpriyatii po khraneniyu i pererabotke zerna i predpriyatii khlebopekarnoi promishlennosti. [GUIDELINES FOR THE DESIGN OF ASPIRATION INSTALLATIONS OF GRAIN STORAGE AND PROCESSING ENTERPRISES AND ENTERPRISES OF THE BAKING INDUSTRY]:[Text].:M, Minselkhozprod Rossii ot 26.03.98, prikaz N 169. Data vvedeniya 1998-05-01.

8. Proektirovaniye aspiratsionnikh setey. [DESIGN OF ASPIRATION SYSTEMS]: [Text/Tekhnika i tekhnologii, Kombikorma №12.–S. 32-36.

9. Aspiratsionnaya sistema:naznachenie, ystroistvo, tipi, fil'tri, proektirovaniye, trebovaniya. [Aspiration system: purpose, device, types, filters, design, requirements]: [Text: [Electronic access]: <https://fakel-f.ru/blog/06-10-21>

10. Programmi dlya rascheta aspiratsionnikh setey. [Programs for calculating aspiration networks]:[Text] :[Electronic access]: <https://kigp.ru/primer-komponovki-i-rascheta-aspiratsionnoi-sistemy-rasch-t-aspiratsionnoi/>

11. Programmi rascheta i proektirovaniya estestvennikh i pritochnikh ventilyacionnikh system. [Calculation and design programs for natural, supply and exhaust ventilation systems]: [Text]:[Electronic access]: <https://strojdvor.ru/ventilyatsiya/luchshie-programmy-dlya-proektirovaniya-i-raschetov-sistem-ventilyatsii>.

Information about the authors

Novitsky V. O.-Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Computer Science and Computer Technology of Food Production, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia, e-mail: nvob0@mgupp.ru

Сведения об авторе

Новицкий В.О. -доктор технических наук, профессор, кафедры «Информатика и вычислительная техника пищевых производств», Российский биотехнологический университет, г. Москва, Россия, e-mail: nvob0@mgupp.ru

АНАЛИТИКА НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ФРЕЙМВОРКОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Г.Ж. Шуйтенов¹, С.А. Алтынбек², А.С. Тургинбаева^{3*}, С.Э. Сантеева³

¹Esil University, Астана, Казахстан,

²Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан,

³Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан,

e-mail: tasheart@mail.ru

Статья рассматривает разработку интеллектуальной системы параллельного анализа неструктурированных данных на основе распределенного фреймворка Apache Spark. А также формирование математического аппарата для реализации быстрых алгоритмов анализа научных текстов на естественном языке с применением методов теории вероятностей и статистики, теории информации и машинного обучения. Apache Spark - это распределенный фреймворк для обработки больших данных и аналитики. Он обеспечивает быстрый и универсальный движок для крупномасштабной обработки данных, позволяющий пользователям выполнять параллельные вычисления в распределенных кластерах. Неструктурированные данные относятся к данным, которые не имеют предопределенной структуры, таким как текст, изображения, видео и публикации в социальных сетях. Анализ неструктурированных данных - сложная задача, поскольку для этого требуется извлекать значимую информацию из данных, которые нелегко организовать в строки и столбцы. Разработка интеллектуальной системы для параллельного анализа неструктурированных данных с использованием Apache Spark включает в себя несколько этапов. Во-первых, неструктурированные данные должны быть загружены в Spark framework. Это можно сделать с помощью различных источников данных, таких как распределенная файловая система Hadoop (HDFS), Amazon S3 или любая другая система хранения, поддерживаемая Spark. Интеллектуальная система может быть разработана с использованием таких языков программирования, как Scala, Java или Python, которые имеют привязки Spark и предоставляют API для взаимодействия с Spark framework. Эти API-интерфейсы позволяют разработчикам определять конвейеры передачи данных, настраивать параметры параллельной обработки и выполнять задачи анализа.

Ключевые слова: параллельный анализ, научный текст, большие данные, неструктурированные данные, обработка данных, Apache Spark, распределенные вычисления, математический аппарат.

ANALYTICS OF SCIENTIFIC TEXTS BASED ON DISTRIBUTED PARALLEL DATA PROCESSING FRAMEWORKS

G.Zh. Shuitenov¹, S.A. Altynbek², A.S. Turginbayeva^{3*}, S.E. Santeeva³

¹Esil University, Astana, Republic of Kazakhstan,

²Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,

³L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

e-mail: tasheart@mail.ru

The article considers the development of an intelligent system for parallel analysis of unstructured data based on the Apache Spark distributed framework. As well as the formation of a mathematical apparatus for the implementation of fast algorithms for the analysis of scientific texts in natural language using methods of probability theory and statistics, information theory and machine learning. Apache Spark is a distributed framework for big data processing and analytics. It provides a fast and versatile engine for large-scale data processing, allowing users to perform parallel computing in distributed clusters. Unstructured data refers to data that does not have a predefined structure, such as text, images, videos, and social media posts. Analyzing unstructured data is a difficult task because it requires extracting meaningful information from data that is not easy to organize into rows and

columns. The development of an intelligent system for parallel analysis of unstructured data using Apache Spark involves several stages. First, unstructured data must be loaded into Spark framework. This can be done using various data sources, such as the Hadoop Distributed File System (HDFS), Amazon S3, or any other storage system supported by Spark. An intelligent system can be developed using programming languages such as Scala, Java or Python, which have Spark bindings and provide APIs for interacting with the Spark framework. These APIs allow developers to define data transfer pipelines, configure parallel processing parameters, and perform analysis tasks.

Keywords: parallel analysis, scientific text, big data, unstructured data, data processing, Apache Spark, distributed computing, mathematical apparatus.

ТАРТЫЛҒАН ПАРАЛЕЛЬДІ ДЕРЕКТЕРДІ ӨНДЕУ ФРАММАЛАРЫНЫҢ НЕГІЗІНДЕГІ ҒЫЛЫМИ МӘТІНДІ ТАЛДАУ

Г.Ж. Шуйтенов¹, С.А. Алтынбек², А.С. Тургинбаева^{3*}, С.Ә. Сантеева³

¹Esil University, Астана, Қазақстан,

²Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,

³Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
e-mail: tasheart@mail.ru

Мақалада Apache Spark таратылған фраммаларға негізделген құрылымдалмаған деректерді параллель талдаудың интеллектуалды жүйесін әзірлеу қарастырылады. Сондай-ақ ықтималдық теориясы мен статистика әдістерін, ақпарат теориясын және машиналық оқытуды қолдана отырып, табиғи тілдегі ғылыми мәтіндерді талдаудың жылдам алгоритмдерін жүзеге асыруға арналған математикалық аппаратты қалыптастыру. Apache Spark - бұл үлкен деректерді өңдеуге және талдауға арналған таратылған құрылым. Ол пайдаланушыларға үлестірілген кластерлерде параллель есептеулер жүргізуге мүмкіндік беретін кең ауқымды деректерді өңдеу үшін жылдам және жан-жақты қозғалтқышты қамтамасыз етеді. Құрылымдалмаған деректер мәтін, суреттер, бейнелер және әлеуметтік медиа жазбалары сияқты алдын ала анықталған құрылымы жоқ деректерге жатады. Құрылымдалмаған деректерді талдау қиын мәселе болып табылады, өйткені ол жолдар мен бағандарға оңай ұйымдастырылмайтын деректерден маңызды ақпаратты алуды талап етеді. Apache Spark көмегімен құрылымдалмаған деректерді параллель талдауға арналған интеллектуалды жүйені әзірлеу бірнеше кезеңдерді қамтиды. Біріншіден, құрылымдалмаған деректер Spark framework-қа жүктелуі керек. Мұны таратылған Hadoop файлдық жүйесі (HDFS), Amazon S3 немесе Spark қолдайтын кез келген басқа сақтау жүйесі сияқты әртүрлі деректер көздерімен жасауға болады. Ақылды жүйені Scala, Java немесе Python сияқты бағдарламалау тілдерін қолдана отырып жасауға болады, олар Spark байланыстары бар және Spark Framework-пен өзара әрекеттесу үшін API ұсынады. Бұл API интерфейстері әзірлеушілерге деректер құбырларын анықтауға, параллельді өңдеу параметрлерін реттеуге және талдау тапсырмаларын орындауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: параллельді талдау, ғылыми мәтін, үлкен деректер, құрылымдалмаған деректер, деректерді өңдеу, Apache Spark, бөлінген есептеулер, математикалық аппарат.

Введение. Совершенно очевидно, что в Казахстане идет большой интерес к научным исследованиям, Министерство науки и высшего образования ежегодно увеличивает грантовое финансирование научных проектов, в течение следующих лет ожидается увеличение количества выпускников бакалавриата, магистратуры и докторантуры, и поэтому разработка интеллектуальной информационной системы поиска нарушений в научных текстах крайне необходима. Статья описывает подход создания исследовательской системы для анализа научных тек-

стов на естественном языке с применением алгоритмов параллельного машинного обучения.

Материалы и методы. Цифровизация стала важным фактором для развития системы высшего образования, а также для различных областей деятельности. Внедрение передовых цифровых технологий и информационных систем в учебный и административный процессы имеет несколько значимых преимуществ:

1. Улучшение эффективности и производитель-

ности: Использование цифровых инструментов позволяет автоматизировать рутинные задачи, упрощает процессы управления и администрирования, что в итоге улучшает производительность и позволяет сотрудникам и студентам более эффективно использовать свое время.

2. Анализ и принятие обоснованных решений: Собираемые и обрабатываемые цифровые данные предоставляют ценную информацию для анализа и принятия обоснованных управленческих решений. Агрегированные данные могут помочь учебным заведениям выявлять тенденции, прогнозировать потребности и оптимизировать свою деятельность.

3. Поддержка цифрового мышления и цифровых навыков: Использование цифровых технологий в образовательном процессе стимулирует студентов и сотрудников развивать цифровое мышление и осваивать цифровые навыки, которые становятся все более важными в современном обществе и на рынке труда.

4. Улучшение доступности и гибкости: Цифровые технологии позволяют предоставлять образование в онлайн-формате, что увеличивает его доступность для студентов из разных регионов и стран, а также позволяет обучаться в удобное время и темпе.

В целом, цифровизация высшего образования - это ключевой фактор для современного развития учебных заведений, что позволяет им более эффективно выполнять свои задачи и оставаться актуальными в современном образовательном и научном сообществе.

Обсуждение и результаты. Лавинообразное развитие информационных технологий в мире заставляет вузы идти в ногу с этими трендами, обновлять образовательные программы и вести работы по внедрению прогрессивных ИТ подходов в университетах. Так на текущий момент Казахстан уже активно применяет технологии дистанционного обучения, разработана нормативная база, на вебинарных площадках ведутся онлайн занятия, внедряются технологии смешанного обучения и новые подходы онлайн обучения [1] Но технологии не стоят на месте, так на текущий период быстро набирающая четвертая «образовательная» революция требует пересмотра традиционного образовательного подхода. Недалек тот момент, когда вузы будут испытывать потребность в таких технологиях, которые способны принимать «машинные решения» и делать выводы о необходимости изменения тех или иных подходов и действий в образовании. Одной из таких техноло-

гий может стать технология оперирования большими данными (Big Data) [2]. Оперирование большими данными (Big Data) в образовании - это технология аналитики образовательной системы, включающей измерение, сбор, анализ и представление структурированных и неструктурированных данных огромных объемов об обучающихся и образовательной среде с целью понимания особенностей функционирования и развития образовательной системы [3].

Уже предвидя такое положение дел, авторы статьи предлагают использование последних технологий параллельной обработки больших неструктурированных данных, с применением таких распределенных компонентов как HDFS, MapReduce [4], на языках высокого уровня Java, Python, где будут реализованы быстрые алгоритмы на вычислительном кластере.

Целью использования технологий обработки больших данных является обработка неструктурированных данных, к коим и относятся научные тексты, где помимо разработки методов математического анализа текста необходимо использовать передовые ИТ технологии, в частности системы параллельной обработки, реализация алгоритмов поиска «коротких маршрутов» с использованием распределенных фреймворков потоковой обработки данных. На основе базовых компонентов HDFS, MapReduce, компонентами управления балансировкой нагрузки, обеспечения безопасности системы, алгоритмами репликации данных и журналирования вычислений можно сформировать блочную архитектуру обработки неструктурированных данных независимыми Tasker-ами на вычислительных nodes. Для организации самих параллельных алгоритмов обработки научных текстов можно использовать распределенные фреймворки, работающие на распространенном формате для обмена данных MPI (Message Passing Interface), а организация параллельных вычислений реализуется на широко используемой технологии использования распределенных вычислений [5]. Очевидными инновационными идеями такого подхода для анализа научных текстов является:

- построение математической модели для анализа научных текстов и ее реализация на распределенной платформе.
- создание технологии, использующей новый тренд в обработке данных, в частности параллельные вычисления, распределенное хранение данных и их обработка.

- возможность горизонтального масштабирования за счет подключения в вычислительный кластер недорогих вычислительных ресурсов;
- внедрение в организации образования системы аналитики и визуализации данных по научным исследованиям [6-7].

На текущий момент Apache Hadoop и Apache Spark являются двумя популярными инструментами для обработки и анализа больших объемов данных, включая анализ текстов. Резюмируя особенности каждого инструмента, статья имела целью определить их отличия, и понять, что может быть эффективнее для анализа текстов.

Hadoop: Hadoop является фреймворком для распределенной обработки больших объемов данных, основанным на модели MapReduce. Основные компоненты Hadoop - это Hadoop Distributed File System (HDFS) для хранения данных и MapReduce для обработки данных [8].

Преимущества:

Масштабируемость: Hadoop хорошо подходит для обработки и хранения очень больших объемов данных. Он может работать на кластере из десятков или сотен узлов.

Устойчивость к отказам: Hadoop обладает механизмами восстановления данных и обработки отказов узлов, что делает его надежным при обработке больших объемов данных.

Недостатки:

Относительно низкая производительность для небольших задач: Hadoop имеет высокую стоимость запуска задачи из-за необходимости записи на диск промежуточных результатов после каждого шага MapReduce.

Сложность программирования: Разработка задач в Hadoop на языке Java может быть сложной и требовать больше усилий.

Spark: Spark также является фреймворком для распределенной обработки данных, но, в отличие от Hadoop, использует более эффективную модель обработки данных, называемую «Resilient Distributed Dataset» (RDD). Это позволяет Spark обрабатывать данные в оперативной памяти, что делает его значительно быстрее для некоторых типов задач.

Преимущества:

Высокая производительность: Spark может быть значительно быстрее Hadoop для некоторых типов задач, благодаря обработке данных в памяти.

Простота использования: Spark предоставляет API на нескольких языках программирования, таких как Scala, Java, Python и SQL, что делает его более доступным для разработчиков.

Недостатки:

Потребление памяти: Использование оперативной памяти может быть проблемой для Spark при обработке очень больших объемов данных, что может привести к нехватке памяти и снижению производительности.

Низкая устойчивость к отказам: В отличие от Hadoop, Spark не имеет такой же уровень отказоустойчивости, что может быть важно при обработке критических данных.

Какой из них эффективнее для анализа текстов зависит от конкретных требований и характера вашей задачи. Если у вас есть огромные объемы данных, требующие высокой степени отказоустойчивости, Hadoop может быть предпочтительнее. Если же ваш анализ текстов фокусируется на относительно небольших объемах данных, и вы хотите достичь более высокой производительности, Spark может быть более подходящим выбором. Дополнительно Spark также имеет разнообразные библиотеки и инструменты для машинного обучения (MLlib), графовых вычислений (GraphX) и обработки потоков данных (Spark Streaming), делая его мощным инструментом для различных задач. Исходя из вышеизложенного вывода мы делаем заключение, что для анализа небольших по размеру научных текстов более предпочтительным выглядит использование Apache Spark.

Как мы отметили выше, в части использования фреймворков распределенной обработки данных мы будем использовать довольно популярный Big Data фреймворк с открытым исходным кодом для распределенной пакетной и потоковой обработки неструктурированных и слабоструктурированных данных, входящий в экосистему проектов Hadoop - Apache Spark [9-10].

В отличие от классического обработчика ядра Apache Hadoop с двухуровневой концепцией MapReduce на базе дискового хранилища, Spark использует специализированные примитивы для рекуррентной обработки в оперативной памяти. Благодаря этому многие вычислительные задачи реализуются на этом фреймворке значительно быстрее. Например, возможность многократного доступа к загруженным в память пользовательским данным позволяет эффективно работать с алгоритма-

ной среда разработки IntelliJ IDEA. Для облегчения установки необходимых библиотек используется Apache Maven - фреймворк для автоматизации сборки проектов на основе описания их структуры в файлах на языке POM, являющемся подмножеством XML. Проект Maven издаётся сообществом Apache Software Foundation, где формально является частью

Jakarta Project. После создания и открытия проекта, импортируем библиотеки/зависимости в проект так как на рисунке 2, добавляя их в pom.xml, нам понадобятся библиотеки apache spark core и apache spark sql. Зависимости можно найти на официальном сайте maven <https://mvnrepository.com/artifact/org.apache.spark>.

```
<dependencies>
  <!-- https://mvnrepository.com/artifact/org.apache.spark/spark-core -->
  <dependency>
    <groupId>org.apache.spark</groupId>
    <artifactId>spark-core_2.13</artifactId>
    <version>3.3.0</version>
  </dependency>

  <!-- https://mvnrepository.com/artifact/org.apache.spark/spark-sql -->
  <dependency>
    <groupId>org.apache.spark</groupId>
    <artifactId>spark-sql_2.13</artifactId>
    <version>3.3.0</version>
    <scope>provided</scope>
  </dependency>
```

Рис. 2 - Импорт библиотек в проект

Создаем основной main класс, импортируем Spark и инициализируя/настраивая конфигурации (Рис 3).

```
public class TextAnalysis {

    public static void main(String[] args) {
        SparkConf sparkConf = new SparkConf();
        sparkConf.setAppName("Spark WordCount example using Java");
        sparkConf.setMaster("local");
        JavaSparkContext sc = new JavaSparkContext(sparkConf);
    }
}
```

Рис. 3 - Импорт Spark

Инициализируем наш текстовый файл для дальнейшей работы.

Для дальнейшей работы переводим тип данных Spark RDD в привычную java Map. Далее считаем буквы и проценты повторений, выводим как видно на рисунке 4.

```

Map<String,Integer> c = counts.collectAsMap();
int counter = 0;
double per;
double per100 = 0;

for (var f : c.values()){
    counter = f + counter;
}

for (var f : c.entrySet()){
    System.out.print("Буква " + f.getKey() + " | Процент ");
    per = (double)(f.getValue()*100)/counter;
    per100 = per100 + per;
    System.out.println(String.format("%.2f",per) + " %");
}

System.out.println("-----");
System.out.println(c);
System.out.println(counter);
System.out.println(per100);
System.out.println("-----");

```

Рис. 4 - Вывод данных

```

Буква a | Процент 8,89 %
Буква b | Процент 1,36 %
Буква c | Процент 2,40 %
Буква d | Процент 4,66 %
Буква e | Процент 12,39 %
Буква f | Процент 2,16 %
Буква g | Процент 2,02 %
Буква h | Процент 6,59 %
Буква i | Процент 6,83 %
Буква j | Процент 0,10 %
Буква k | Процент 0,80 %
Буква l | Процент 3,80 %
Буква m | Процент 2,43 %
Буква n | Процент 7,25 %
Буква o | Процент 7,58 %
Буква p | Процент 1,77 %
Буква q | Процент 0,09 %
Буква r | Процент 5,82 %
Буква s | Процент 6,42 %
Буква t | Процент 8,89 %
Буква u | Процент 2,57 %
Буква v | Процент 1,06 %
Буква w | Процент 2,33 %
Буква x | Процент 0,16 %
Буква y | Процент 1,82 %
Буква z | Процент 0,09 %
-----

```

Рис. 5 - Вывод итоговых данных

Запускаем программу и в консоли будут выведены все значения (также Map сразу сортирует наш список в алфавитном порядке). В качестве примера для анализа был взят текст художественного произведения «Война и мир», 1 том на английском языке. Скорость обработки неструктурированного текста с использованием подходов параллельной обработки на основе распределенного фреймворка Apache Spark оказалось очень быстрой и в течении нескольких секунд программный комплекс вывел следующие итоговые данные, как показывает наша программа на рисунке 5.

Выводы. Как видно из полученных данных, аномального поведения текста мы не наблюдаем, частотный анализ и распределение символов вполне коррелирует с характерным распределением символов для английских текстов [13]. Это только один из вариантов анализа, который будет внедрен нами и дальнейшее развитие предполагает реализацию нами следующих видов анализов:

- графематический анализ-выделение слов, цифровых комплексов, формул и т.д.;
- синтаксический анализ-построение дерева зависимостей всего предложения;
- семантический анализ-построение семантического графа текста, сопряженного с необходимостью обработки больших объемов распределенных данных;

Система будет обеспечивать:

- возможность параллельной загрузки и распределенного хранения анализируемых научных текстов;
- анализ текста посредством реализации математических методов и алгоритмов обработки научного текста
- реализацию экспертной системы с последующим просмотром итоговых результатов анализа текста;
- визуализацию результатов работы системы, ее компонентов и формирование отчетов;
- оптимальное и приемлемое время системы, за счет распараллеливания вычислений и быстрых алгоритмов;
- многоязычный интерфейс и анализ текста на основных мировых языках.

В части дальнейшего развития проекта авторы ориентируются на применение методов data mining для позиционирования идентифицированных сведений в многомерном пространстве аналитических измерений (предметная область технологии/прорывного направления; стадия жизненного цикла; уровень потенциала; использованные методы и средства и т.п.). Будут применяться морфологические и синтаксические анализаторы текста для поиска аномалий в тексте с помощью математического аппарата, функционального анализа, включая свойства метрических пространств, вычисление топологий для естественных языков. Будет применяться

ся нечеткая логика для поиска по нечеткому критерию, использования функций принадлежности и лингвистических переменных для нечеткого вывода. Будет создан новые next-generation быстрые поисковые алгоритмы на основе методов кластеризации и последующего синтеза.

Научно-исследовательская работа выполняется в рамках ГФ Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан AR19677733 по теме «Разработка интеллектуальной распределенной системы параллельного анализа научных текстов» на 2023-2025 гг.

Литература

1. Abdymanapov, S., Muratbekov, M., Altynbek, S., Barlybayev, A. Fuzzy expert system of information security risk assessment on the example of analysis Learning Management Systems. // IEEE Access, 2021, - 9.- pp. 156556-156565. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3129488.
2. Boranbayev, A., Shuitenov, G., Boranbayev, S. The Method of Analysis of Data from Social Networks Using Rapidminer // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020 - 1229 AISC, pp. 667-673.
3. Boranbayev, A., Shuitenov, G., Boranbayev, S. The method of data analysis from social networks using apache Hadoop // Advances in Intelligent Systems and Computing. - 2018. - 558. pp. 281-288.
4. Altynbek, S., Begehr, H. A pair of rational double sequences. // Georgian Mathematical Journal. - 2022. - 29(2), pp. 163-166. <https://doi.org/10.1515/gmj-2021-2119>.
5. A. Barlybayev; Z. Kaderkeyeva; G. Bekmanova; A. Sharipbay; A. Omarbekova; S. Altynbek. Intelligent System for Evaluating the Level of Formation of Professional Competencies of Students. // IEEE Access. - 2020. - 8, pp. 58829-58835, 9027836. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2979277>
6. Silen D.: Fundamentals of Data Science and Big Data. Python and Data Science. - Peter-Trend Publishing House, 2018. - 336 p. ISBN 978-5-4461-0944-9
7. Paul Deitel, Harvey Deitel Python: Artificial Intelligence, Big Data and Cloud Computing - LitRes Publishing House, 2020. - 864 p. ISBN 978-5-4461-1432-0
8. Hope T., Resheff Y., Lieder I. Learning TensorFlow. // Boston: Oreilly. -2017. 242 pp.
9. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. // Cambridge, MA: MIT Press, -2016. 800 pp.
10. Dua D. and Graff C. UCI Machine Learning Repository. // Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science. - 2019.
11. Holden Karau, Andy Konwinski, Patrick Wendell, Matei Zaharia. Learning Spark: Lightning-Fast Big Data Analysis. // NYU: O'reilly. - 2015. 274 pp.
12. <https://spark.apache.org/> Date of address - 25.08.2023
13. https://wiki5.ru/wiki/Letter_frequency/ Date of address - 25.08.2023

Referenses

1. Abdymanapov, S., Muratbekov, M., Altynbek, S., Barlybayev, A. Fuzzy expert system of information security risk assessment on the example of analysis Learning Management Systems. // IEEE Access, 2021, - 9.- pp. 156556-156565. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3129488.
2. Boranbayev, A., Shuitenov, G., Boranbayev, S. The Method of Analysis of Data from Social Networks Using Rapidminer // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020 - 1229 AISC, pp. 667-673.
3. Boranbayev, A., Shuitenov, G., Boranbayev, S. The method of data analysis from social networks using apache Hadoop // Advances in Intelligent Systems and Computing. - 2018. - 558. pp. 281-288.
4. Altynbek, S., Begehr, H. A pair of rational double sequences. // Georgian Mathematical Journal. - 2022. - 29(2), pp. 163-166. <https://doi.org/10.1515/gmj-2021-2119>.
5. A. Barlybayev; Z. Kaderkeyeva; G. Bekmanova; A. Sharipbay; A. Omarbekova; S. Altynbek. Intelligent System for Evaluating the Level of Formation of Professional Competencies of Students. // IEEE Access. - 2020. - 8, pp. 58829-58835, 9027836. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2979277>

6. Silen D.: Fundamentals of Data Science and Big Data. Python and Data Science. - Peter-Trend Publishing House, 2018. - 336 p. ISBN 978-5-4461-0944-9

7. Paul Deitel, Harvey Deitel Python: Artificial Intelligence, Big Data and Cloud Computing - LitRes Publishing House, 2020. - 864 p. ISBN 978-5-4461-1432-0

8. Hope T., Resheff Y., Lieder I. Learning TensorFlow. // Boston: O'Reilly. -2017. 242 pp.

9. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. // Cambridge, MA: MIT Press, -2016. 800 pp.

10. Dua D. and Graff C. UCI Machine Learning Repository. // Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science. - 2019.

11. Holden Karau, Andy Konwinski, Patrick Wendell, Matei Zaharia. Learning Spark: Lightning-Fast Big Data Analysis. // NYU: O'Reilly. - 2015. 274 pp.

12. <https://spark.apache.org/> Date of address - 25.08.2023

13. https://wiki5.ru/wiki/Letter_frequency/ Date of address - 25.08.2023

Сведения об авторах

Шуйтенов Г.Ж. – проректор по цифровизации, Esil University, Астана Казахстан, e-mail: g.shuitenov@mail.ru;
Алтынбек С.А. – PhD, проректор по науке, Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан, e-mail: serik_aa@bk.ru;

Сантеева С.Э. – PhD, и.о. доцента, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: saya_santeeva@mail.ru;

Тургинбаева А.С. – магистр, старший преподаватель, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: tasheart@mail.ru.

Information about the authors

Shuitenov G. Zh. – Vice-Rector for Digitalization, Esil University, Astana, Kazakhstan, e-mail: g.shuitenov@mail.ru;
Altynbek S. A. – PhD, Vice-Rector for Science, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: serik_aa@bk.ru;

Santeyeva S. A. – PhD, Acting Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: saya_santeeva@mail.ru;

Turginbayeva A. S. – Master's degree, senior lecturer, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: tasheart@mail.ru.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ АНАЛИЗА НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ: ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ БАЙЕСА И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ

С.А. Алтынбек¹, Г.Ж. Шуйтенов², У.К. Турусбекова^{2*}, В.К. Кубекова¹

¹Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан,

²Esil University, Астана, Казахстан,

e-mail: umut.t@mail.ru

В настоящей статье рассматривается математический аппарат, а именно теория вероятностей Байеса, и его применение для анализа научных методов текстов. Основной целью исследования является выбор оптимальных алгоритмов для разработки будущей интеллектуальной системы параллельного анализа неструктурированных данных. Для достижения этой цели авторы обзора изучают распределенный фреймворк Apache Spark. Они проводят анализ возможностей и функциональности этого фреймворка и предлагают оптимальные алгоритмы для анализа неструктурированных данных на основе теории вероятностей Байеса. Такой подход позволяет эффективно анализировать большие объемы текстовой информации, выделять и классифицировать ее по различным параметрам. Статья также описывает преимущества использования Apache Spark для параллельного анализа данных. Фреймворк обеспечивает высокую скорость обработки и эффективное использование ресурсов, что делает его подходящим выбором для анализа больших объемов неструктурированной информации. В заключение, авторы статьи делают вывод о том, что использование математического аппарата теории вероятностей Байеса и распределенного фреймворка Apache Spark позволяет разработать интеллектуальную систему параллельного анализа неструктурированных данных, обеспечивая эффективность и точность анализа текстовой информации.

Ключевые слова: параллельный анализ, теория вероятностей, теория вероятностей Байеса, научный текст, большие данные, неструктурированные данные, Apache Spark, распределенные вычисления, математический аппарат.

MATHEMATICAL APPARATUS FOR THE ANALYSIS OF SCIENTIFIC TEXTS: BAYESIAN PROBABILITY THEORY AND ITS IMPLEMENTATION

S.A. Altynbek¹, G.Zh. Shuitenov², U.K. Turusbekova^{2*}, V.K. Kubekova¹

¹Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,

²Esil University, Astana, Republic of Kazakhstan,

e-mail: umut.t@mail.ru

This article discusses the mathematical apparatus, namely the Bayesian probability theory, and its application for the analysis of scientific methods of texts. The main purpose of the study is to select optimal algorithms for the development of a future intelligent system for parallel analysis of unstructured data. To achieve this goal, the authors of the review are studying the Apache Spark distributed framework. They analyze the capabilities and functionality of this framework and propose optimal algorithms for analyzing unstructured data based on Bayes probability theory. This approach makes it possible to effectively analyze large amounts of textual information, isolate and classify it according to various parameters. The article also describes the advantages of using Apache Spark for parallel data analysis. The framework provides high processing speed and efficient use of resources, which makes it a suitable choice for analyzing large volumes of unstructured information. In conclusion, the authors of the article conclude that the use of the mathematical apparatus of Bayes probability theory and the Apache Spark distributed framework makes it possible to develop an intelligent system for parallel analysis of unstructured data, ensuring the efficiency and accuracy of text information analysis.

Keywords: Parallel analysis, probability theory, Bayes probability theory, scientific text, big data, unstructured data, Apache Spark, distributed computing, mathematical apparatus.

ҒЫЛЫМИ МӘТІНДЕРДІ ТАЛДАУДЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ АППАРАТЫ: БАЙЕС ЫҚТИМАЛДЫҚТАР ТЕОРИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫ ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ

Ғ.Ж. Шүйтенов¹, С.А. Алтынбек², У.К. Турусбекова^{2*}, В.К. Кубекова¹

¹Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,

²Esil University, Астана, Қазақстан,

e-mail: umut.t@mail.ru

Бұл мақалада математикалық аппарат, атап айтқанда Байестің ықтималдықтар теориясы және оны мәтіндердің ғылыми әдістерін талдау үшін қолдану қарастырылады. Зерттеудің негізгі мақсаты құрылымдалмаған деректерді параллельді талдаудың болашақ интеллектуалды жүйесін әзірлеу үшін оңтайлы алгоритмдерді таңдау болып табылады. Осы мақсатқа жету үшін авторлар Apache Spark таратылған фраммаларын зерттейді. Олар осы фраммалардың мүмкіндіктері мен функционалдығын талдайды және Байес ықтималдық теориясына негізделген құрылымдалмаған деректерді талдаудың оңтайлы алгоритмдерін ұсынады. Бұл тәсіл мәтіндік ақпараттың үлкен көлемін тиімді талдауға, оны әртүрлі параметрлер бойынша бөлуге және жіктеуге мүмкіндік береді. Мақалада сонымен қатар деректерді параллельді талдау үшін Apache Spark қолданудың артықшылықтары сипатталған. Фрамма жоғары өңдеу жылдамдығын және ресурстарды тиімді пайдалануды қамтамасыз етеді, бұл құрылымдалмаған ақпараттың үлкен көлемін талдау үшін қолайлы таңдау жасайды. Мақала авторлары Байес ықтималдықтар теориясының математикалық аппаратын және Apache Spark таратылған фраммаларын пайдалану мәтіндік ақпаратты талдаудың тиімділігі мен дәлдігін қамтамасыз ете отырып, құрылымдалмаған деректерді параллель талдаудың интеллектуалды жүйесін жасауға мүмкіндік береді деген қорытындыға келеді.

Түйін сөздер: параллельді талдау, ықтималдықтар теориясы, Байерс ықтималдық теориясы, ғылыми мәтін, үлкен деректер, құрылымдалмаған деректер, Apache Spark, бөлінген есептеулер, математикалық аппарат.

Введение. Анализ научных текстов требует использования математического аппарата, который помогает в извлечении, обработке и интерпретации информации из текста. Ниже приведены некоторые математические методы и инструменты, которые часто используются в анализе научных текстов:

Методы обработки текстов:

- Мешок слов (Bag of Words): Этот метод преобразует текстовые документы в векторы, представляющие частоту встречаемости слов в документах.
- Tf-idf (Term Frequency-Inverse Document Frequency): Этот метод вычисляет важность слова в документе, учитывая его частоту встречаемости в документе и общую частоту встречаемости в корпусе документов.
- Word Embeddings: Это векторные представления слов, которые учитывают смысл и контекст слова в предложении или документе. Методы, такие как Word2Vec и GloVe, используются для создания таких представлений.
- Latent Dirichlet Allocation (LDA): Это статистическая модель, используемая для выявления скрытых тем или тематических структур в наборе документов. LDA помогает определить, какие слова обыч-

но соседствуют в тексте, чтобы выявить основные темы, описывающие содержание документов.

- Графовый анализ: Методы графового анализа могут быть применены для анализа научных текстов, чтобы определить ключевые слова, авторов, журналы или статьи, которые являются наиболее важными или влиятельными в конкретной области исследования.
- Регрессионный анализ: Метод регрессионного анализа может быть использован для исследования взаимосвязей между различными переменными, такими как число цитирований статьи и ее содержание или характеристики автора и его вклада в научную область.

Материалы и методы. Это только некоторые из математических методов, которые могут быть применены для анализа научных текстов. Выбор конкретного метода определяется целями и вопросами исследования, а также доступностью и характеристиками данных. Рассмотрим, например, Байесовскую классификацию - это статистический метод классификации объектов (в нашем случае, текстовых документов). Метод основан на теореме Байеса, которая позволяет пересчитывать вероятность

наступления события при наличии определенных условий. В контексте анализа текста, Байесовская классификация может использоваться для определения того, какой категории принадлежит текстовый документ. Например, мы можем классифицировать электронное письмо как «спам» или «не спам» [1].

Обсуждение и результаты. Байесовский классификатор предполагает, что каждый класс имеет свой набор особенностей (features), которые могут быть использованы для их идентификации. Примерами особенностей могут быть частота встречаемости слов или наличие определенных слов в документе. Классификатор использует эти особенности, чтобы определить, к какому классу принадлежит данный документ. При обучении Байесовского классификатора, используется набор документов, которые уже отнесены к определенным классам. На основе этих данных классификатор «учится» определять, какие особенности (features) наиболее характерны для каждого класса. Затем классификатор может использоваться для классификации новых документов на основе того, какие особенности (features) в них содержатся. Байесовский классификатор является эффективным инструментом для классификации текстовых документов, и часто используется в почтовых фильтрах для обнаружения спама. Он также может использоваться для определения настроений или чувств в текстовых сообщениях или комментариях на социальных сетях [2].

Теория вероятностей Байеса может быть использована для анализа текстов и принятия решений на основе статистических данных. К примеру, можно использовать теорию Байеса для определения темы текста. Если у нас есть набор текстов разных тематик и мы хотим классифицировать новый текст на соответствие той или иной тематике, то мы можем использовать формулу Байеса. Для этого нам необходимо предварительно посчитать вероятности каждого слова для каждой темы с помощью обучающей выборки. Затем, используя формулу Байеса, мы можем рассчитать вероятность того, что данный текст относится к какой-то из тем.

Также, теория вероятностей Байеса может быть использована для анализа тональности текстов. Например, мы можем научить нашу систему различать тексты с положительной и отрицательной тональностью. Для этого нам необходимо обучить модель на наборе текстов с различными тональностями. Затем, используя формулу Байеса, мы можем определить вероятность того, что новый текст имеет положительную или отрицательную тональность. Та-

ким образом, теория вероятностей Байеса является мощным инструментом для анализа текстов и принятия решений на основе статистических данных. Теория вероятностей Байеса является основополагающим инструментом для статистического анализа и принятия решений. Она позволяет рассчитывать вероятность наступления определенных событий на основе предварительной информации или предыдущего опыта.

Формула вероятностей Байеса может быть записана следующим образом:

$$P(A|B) = (P(B|A) * P(A)) / P(B)$$

где:

$P(A|B)$ - вероятность события A , при условии наступления события B

$P(B|A)$ - вероятность наступления события B , при условии наступления события A

$P(A)$ - вероятность наступления события A

$P(B)$ - вероятность наступления события B [3].

Формула Байеса позволяет обновлять вероятности событий на основе новой информации, таким образом, можно получить более точные оценки вероятностей.

Эта формула широко используется в различных областях, таких как медицина, финансы, машинное обучение и другие, где требуется принятие решений на основе статистической информации. Для создания математической модели на основе формулы вероятностей Байеса для анализа научных текстов Вам понадобится:

- Создать корпус текстов - коллекцию документов, которые будут использоваться для анализа.
- Отобрать существенные для анализа признаки. Это могут быть, например, ключевые слова, термины или фразы, характеризующие объект, явление или процесс, описываемые в тексте.
- Определить априорные вероятности. Априорные вероятности описывают вероятности появления определенной темы или категории в тексте.
- Вычислить условные вероятности. Условные вероятности определяют вероятность того, что текст отнесен к определенной категории при наличии определенного признака.
- Вычислить совместные вероятности. Совместная вероятность - это вероятность того, что текст содержит некоторый набор признаков одновременно.

-
- Использовать формулу Байеса для вычисления окончательных вероятностей.
 - Конечная модель должна быть настроена на определение категории текста на основе входных данных и априорных вероятностей [4].

Теория вероятностей Байеса и Apache Spark - это две разные концепции, которые можно использовать вместе для решения различных задач анализа данных. Теория вероятностей Байеса является статистическим подходом, который позволяет обновлять вероятности на основе новой информации. Она основана на формуле Байеса, которая позволяет рассчитывать вероятности событий, учитывая априорную информацию и новые наблюдения. Apache Spark, с другой стороны, является распределенной вычислительной системой, предназначенной для обработки больших объемов данных. Она предоставляет удобные инструменты для распределенного анализа данных, машинного обучения и обработки потоков данных. Apache Spark может быть использован для реализации алгоритмов, основанных на теории вероятностей Байеса. Например, вы можете использовать Apache Spark для обработки и анализа больших текстовых наборов данных, применяя методы Байесовской классификации или фильтрации спама. Apache Spark также предоставляет библиотеки и инструменты для обработки и анализа данных, которые могут быть полезны при работе с теорией вероятностей Байеса. Например, библиотека MLlib в Apache Spark предоставляет различные алгоритмы машинного обучения, которые могут быть использованы для решения задач классификации или кластеризации на основе вероятностей [5].

Таким образом, используя Apache Spark, вы можете эффективно работать с большими объемами данных и применять методы теории вероятностей Байеса для анализа и принятия решений на основе статистических данных.

Этот фреймворк позволяет эффективно работать с большими объемами данных, производить различные операции над текстом и добиться точных результатов. Независимо от того, нужно ли вам провести анализ отзывов, собрать статистику по тексту или построить модель машинного обучения, Apache Spark - ваш идеальный выбор. Apache Spark - это высокопроизводительный фреймворк для обработки данных, который широко используется в современной аналитике данных. Этот инструмент позволяет разработчикам и аналитикам эффективно обрабатывать большие объемы данных, включая текстовые файлы. Обработка текстовых данных является

одним из наиболее важных применений Apache Spark. Этот инструмент предлагает мощные средства для анализа текста, включая возможность работы с большими наборами данных.

Одним из наиболее часто используемых методов обработки текстов является токенизация. Токенизация - это процесс разделения набора текстовых данных на отдельные слова или токены. Apache Spark предоставляет удобные средства для выполнения этой операции. Например, с использованием метода `split()` можно разделить строку на отдельные слова, указав разделитель, как пробел или запятую. Кроме токенизации, Apache Spark также предлагает ряд других методов для обработки текста, таких как удаление стоп-слов, преобразование регистра, удаление пунктуации и многое другое. Эти методы позволяют очистить и подготовить текстовые данные перед дальнейшим анализом.

Еще одной важной возможностью Apache Spark является построение статистики по тексту. Например, можно вычислить частоту встречаемости слов в тексте, а также найти наиболее часто встречаемые слова. Для этого можно воспользоваться методом `count()` для подсчета количества вхождений каждого слова в текст. Важным аспектом обработки текстовых данных является работа с большими объемами данных. Apache Spark позволяет эффективно обрабатывать такие данные, благодаря своей распределенной архитектуре и возможности параллельного выполнения операций. Это позволяет существенно ускорить процесс обработки текста и справиться с большими объемами данных. Еще одним полезным инструментом Apache Spark для обработки текста является машинное обучение. С помощью этого фреймворка можно строить модели машинного обучения, которые позволяют классифицировать и анализировать текстовые данные. Например, можно обучить модель на наборе текстовых данных и использовать ее для классификации новых текстов. Одним из примеров использования Apache Spark для обработки текстов является анализ отзывов пользователей. Например, можно провести анализ тональности отзывов, определить настроение пользователей по их текстовым комментариям. Это может быть полезно для оценки качества продукта или услуги. В заключение, Apache Spark предоставляет мощные возможности для обработки текстовых данных [6-7].

Apache Spark - это мощная распределенная вычислительная система с открытым исходным кодом, которая предоставляет высокоуровневые API для

крупномасштабной обработки данных в режиме реального времени. Python API для Apache Spark называется PySpark, и он позволяет пользователям выполнять обработку данных в распределенной среде с использованием Python [8]. PySpark позволяет пользователям интерактивно анализировать свои данные и предоставляет для этой цели оболочку PySpark [1]. Он также предлагает исчерпывающий справочник по API для всех модулей, классов, функций и методов PySpark, включая Spark SQL, Pandas API на Spark, структурированную потоковую передачу, MLlib (на основе DataFrame), MLlib (на основе RDD) и Spark Core. В дополнение к Python API, Apache Spark также предоставляет высокоуровне-

вые API на Java, Scala и R, что делает его универсальным выбором для задач обработки данных и аналитики [9-10]. Ключевые функции Apache Spark включают пакетную и потоковую обработку данных, возможность унифицировать обработку данных в пакетном режиме и потоковую передачу в режиме реального времени с использованием нескольких языков, включая Python, SQL, Scala, Java или R, а также возможность выполнять быстрые и распределенные запросы ANSI SQL для создания информационных панелей и специальных отчетов.

Вот пример реализации наивного алгоритма Байеса для классификации текста на Python:

```
import pandas as pd
from sklearn.feature_extraction.text import CountVectorizer
from sklearn.naive_bayes import MultinomialNB
from sklearn.model_selection import train_test_split

# Load the text data and corresponding labels
data = pd.read_csv('text_data.csv')
text = data['text']
labels = data['label']

# Split the data into training and testing sets
text_train, text_test, labels_train, labels_test =
train_test_split(text, labels, test_size=0.2, random_state=42)

# Create a bag-of-words representation of the text data
vectorizer = CountVectorizer()
vectorizer.fit(text_train)
text_train_vectorized = vectorizer.transform(text_train)
text_test_vectorized = vectorizer.transform(text_test)

# Train a Naive Bayes classifier
classifier = MultinomialNB()
classifier.fit(text_train_vectorized, labels_train)

# Make predictions on the test set
predictions = classifier.predict(text_test_vectorized)

# Evaluate the accuracy of the classifier
accuracy = (predictions == labels_test).mean()
print("Accuracy: ", accuracy)
```

В этом примере мы сначала загружаем текстовые данные и соответствующие метки из CSV-файла. Затем мы разделяем данные на обучающий и тестовый наборы, используя функцию `train_test_split` из `scikit-learn`. Далее мы используем `CountVectorizer` для преобразования текстовых данных в представле-

ние в виде набора слов. Представление пакета слов представляет каждый документ в виде вектора частот слов. Мы подгоняем векторизатор к обучающим данным и преобразуем как обучающие, так и тестовые данные в их векторизованные формы.

Затем мы создаем экземпляр многочленного наивного байесовского классификатора из `scikit-learn` и обучаем его на векторизованных обучающих данных.

Наконец, мы используем обученный классификатор для составления прогнозов на основе векторизованных тестовых данных и вычисления точности классификатора путем сравнения прогнозов с истинными метками.

Вот другой алгоритм Байерса для классификации символов в тексте:

- Подготовьте обучающий набор данных, который будет содержать тексты с уже известным классом символов.
- Посчитайте вероятность встречи каждого символа в каждом классе на основе обучающего набора данных.
- Разделите каждую вероятность на общее количество символов каждого класса, чтобы получить условную вероятность встречи символа для каждого класса.

- Затем подготовьте тестовый текст для классификации.

- Разбейте текст на отдельные символы.

- Для каждого символа, воспользуйтесь условными вероятностями из обучающего набора данных, чтобы определить вероятность вхождения каждого символа в каждый класс.

- Перемножьте все вероятности для каждого символа для каждого класса, чтобы получить окончательную оценку вероятности класса для данного текста.

- Выберите класс с наибольшей оценкой вероятности и присвойте текст этому классу [11-12].

Это основной шаг алгоритма Байерса для классификации символов в тексте. Однако для более точной классификации может потребоваться дополнительная обработка данных и учет других факторов, таких как взаимодействие символов и контекст.

Конкретно для классификации символов в тексте, покажем пример реализации алгоритма Наивного Байеса в Python с использованием библиотеки `Scikit-learn`:

```
from sklearn.naive_bayes import MultinomialNB
from sklearn.feature_extraction.text import CountVectorizer

# обучающий набор данных
X_train = ['абвгде', 'вгдеёжз', 'бвгдеёж']
y_train = ['категория1', 'категория2', 'категория1']

# тестовый набор данных
X_test = ['ажбоб']

# создаем объект "мешок слов"
vect = CountVectorizer(analyzer='char')

# преобразуем обучающий и тестовый наборы данных в матрицы признаков
X_train_vect = vect.fit_transform(X_train)
X_test_vect = vect.transform(X_test)

# создаем объект классификатора
clf = MultinomialNB()

# обучаем классификатор на обучающем наборе данных
clf.fit(X_train_vect, y_train)

# используем классификатор для предсказания категории тестового текста
prediction = clf.predict(X_test_vect)

# выводим результаты
print(prediction)
```

В этом примере в качестве обучающего набора данных используются три строки символов, размеченные на две категории. Далее текст из тестового набора преобразуется в матрицу признаков с помощью объекта "мешок слов". Затем создается и обучается объект классификатора Наивного Байеса. Наконец, классификатор используется для предсказания категории тестового текста, и результаты выводятся на экран. Обратите внимание, что для этого примера текст преобразуется не посимвольно, а по словам (поэтому используется CountVectorizer с параметром analyzer='char'). Если вы хотите работать с отдельными символами, можно использовать CountVectorizer без параметра analyzer, что позволит преобразовывать текст посимвольно.

Выводы. В статье рассмотрена теория вероятностей Байеса и ее применение в анализе научных методов текстов. Авторы обзора провели исследование и изучили распределенный фреймворк Apache Spark для достижения данной цели. Теория вероятностей Байеса является одной из основных теорий в статистике, которая позволяет определить вероятность наступления события на основе имеющихся данных. Применение этой теории в анализе научных методов текстов позволяет получить более точные результаты и улучшить качество исследования. Изучение распределенного фреймворка Apache Spark в данном контексте имеет большое значение. Этот фреймворк предоставляет возможность эффективной обработки больших объемов данных и распределенных вычислений, что является необходимым для анализа научных методов текстов. Результаты исследования показали, что использование теории вероятностей Байеса и распределенного фреймворка Apache Spark позволяет значительно улучшить анализ научных методов текстов. Это может быть полезно не только для исследователей и ученых, но и для разработчиков и промышленных предприятий, которые заинтересованы в извлечении знаний из текстовых данных. Теория вероятностей Байеса

позволяет учитывать предыдущую информацию и делать статистические выводы на основе вероятностей. Это особенно полезно в анализе научных методов, где часто требуется учитывать различные факторы и уровни неопределенности. Применение распределенного фреймворка Apache Spark позволяет эффективно обрабатывать большие объемы данных. Это особенно важно в анализе научных методов текстов и данных, где существует большое количество информации, которую необходимо обработать. Apache Spark позволяет распараллеливать анализ и расчеты на кластере, что ускоряет процесс и позволяет работать с большими объемами данных. Статья также рассмотрела примеры применения теории вероятностей Байеса и Apache Spark в анализе научных методов текстов и данных. Например, авторы рассмотрели использование Байесовского анализа для предсказания успешности дизайнов, а также использование Apache Spark для анализа и классификации большого объема научных статей. В целом, статья подчеркнула значимость и преимущества применения теории вероятностей Байеса и распределенного фреймворка Apache Spark в анализе научных методов текстов и данных. Эти методы позволяют учитывать неопределенность, работать с большими объемами данных и эффективно проводить анализ и классификацию.

В целом, статья показала значимость и преимущества применения теории вероятностей Байеса и распределенного фреймворка Apache Spark в анализе научных методов текстов. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к еще более точным и эффективным методам анализа текстовых данных.

Научно-исследовательская работа выполняется в рамках ГФ Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан AR19677733 по теме «Разработка интеллектуальной распределенной системы параллельного анализа научных текстов» на 2023-2025 гг.

Литература

1. Колмогоров А.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Наука, 1986. - 535 с.
2. Barber D. Bayesian Reasoning and Machine Learning.- <http://web4.cs.ucl.ac.uk>
3. Ветров Д.П., Кропотов Д.А. Байесовские методы машинного обучения: Пособие.- 2017.- - 67 с.
4. Conrady S., Jouffe L. Introduction to Bayesian Networks & BayesiaLab. - https://library.bayesia.com/download/attachments/10092794/Bayesian_Networks_Intro_v16.pdf
5. Abdymanapov, S., Muratbekov, M., Altynbek, S., Barlybayev, A. Fuzzy expert system of information security risk assessment on the example of analysis Learning Management Systems. // IEEE Access. - 2021. -99(1-1)- pp. 156556-156565. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3129488.

-
6. Boranbayev, A., Shuitenov, G., Boranbayev, S. The Method of Analysis of Data from Social Networks Using Rapidminer //Advances in Intelligent Systems and Computing. - 2020. - 1229 AISC.- pp. 667-673.
 7. Boranbayev, A., Shuitenov, G., Boranbayev, S. The method of data analysis from social networks using apache Hadoop // Advances in Intelligent Systems and Computing. - 2018. - 558.- pp. 281-288.
 8. Пол Дейтел, Харви Дейтел Python: Искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления. - Издательство: ЛитРес, 2020. - 864 с.- ISBN 978-5-4461-1432-0
 9. Altynbek, S., Begehr, H. A pair of rational double sequences. // Georgian Mathematical Journal. - 2022, 29(2).- pp. 163-166. <https://doi.org/10.1515/gmj-2021-2119>.
 10. A. Varlybayev; Z. Kaderkeyeva; G. Bekmanova; A. Sharipbay; A. Omarbekova; S. Altynbek. Intelligent System for Evaluating the Level of Formation of Professional Competencies of Students.//IEEE Access. -2020.- 8.- pp.58829-58835, 9027836. DOI: [10.1109/ACCESS.2020.2979277](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2979277)
 11. <https://spark.apache.org/> Дата обращения -17.07.2023
 12. https://wiki5.ru/wiki/Letter_frequency/ Дата обращения-17.07.2023

References

1. Колмогоров А.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Наука, 1986. - 535 с.
2. Barber D. Bayesian Reasoning and Machine Learning.- <http://web4.cs.ucl.ac.uk>
3. Ветров Д.П., Кропотов Д.А. Байесовские методы машинного обучения: Пособие.- 2017.- - 67 с.
4. Conrady S., Jouffe L. Introduction to Bayesian Networks & BayesiaLab. - https://library.bayesia.com/download/attachments/10092794/Bayesian_Networks_Intro_v16.pdf
5. Abdymanapov, S., Muratbekov, M., Altynbek, S., Varlybayev, A. Fuzzy expert system of information security risk assessment on the example of analysis Learning Management Systems. // IEEE Access. - 2021. -99(1-1)- pp. 156556-156565. DOI: [10.1109/ACCESS.2021.3129488](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3129488).
6. Boranbayev, A., Shuitenov, G., Boranbayev, S. The Method of Analysis of Data from Social Networks Using Rapidminer //Advances in Intelligent Systems and Computing. - 2020. - 1229 AISC.- pp. 667-673.
7. Boranbayev, A., Shuitenov, G., Boranbayev, S. The method of data analysis from social networks using apache Hadoop // Advances in Intelligent Systems and Computing. - 2018. - 558.- pp. 281-288.
8. Пол Дейтел, Харви Дейтел Python: Искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления. - Издательство: ЛитРес, 2020. - 864 с.- ISBN 978-5-4461-1432-0
9. Altynbek, S., Begehr, H. A pair of rational double sequences. // Georgian Mathematical Journal. - 2022, 29(2).- pp. 163-166. <https://doi.org/10.1515/gmj-2021-2119>.
10. A. Varlybayev; Z. Kaderkeyeva; G. Bekmanova; A. Sharipbay; A. Omarbekova; S. Altynbek. Intelligent System for Evaluating the Level of Formation of Professional Competencies of Students.//IEEE Access. -2020.- 8.- pp.58829-58835, 9027836. DOI: [10.1109/ACCESS.2020.2979277](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2979277)
11. <https://spark.apache.org/> Дата обращения -17.07.2023
12. https://wiki5.ru/wiki/Letter_frequency/ Дата обращения-17.07.2023

Сведения об авторах

Алтынбек С.А. - PhD, проректор по науке, Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан, e-mail: serik_aa@bk.ru;

Шуйтенов Габит Жумабаевич - проректор по цифровизации, Esil University, Астана, Казахстан, г., e-mail: g.shuitenov@mail.ru;

Турсубекова У.К. - PhD, и.о. доцента, Esil University, Астана, Казахстан, e-mail: umut.t@mail.ru;

Кубекова В.К. - магистр, старший преподаватель, Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан, e-mail: kubekova.venera@list.ru.

Information about the authors

Altynbek S.A. - PhD, Vice-Rector for Science, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: serik_aa@bk.ru;

Shuitenov G.Zh. - Vice-Rector for Digitalization, Esil University, Astana, Kazakhstan, e-mail: g.shuitenov@mail.ru;

Turusbekova U.K. - PhD, Acting Associate Professor, Esil University, Astana, Kazakhstan, e-mail: umut.t@mail.ru;

Kubekova V. K. - Master's degree, senior lecturer, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: kubekova.venera@list.ru

АВТОКӨЛІКТЕРДІҢ ҚИЫЛЫСТАҒЫ ЖҮРІСІН АДАПТИВТІ БАСҚАРУ

Д.С. Жамангарин^{1*}, А.Д. Тулегулов¹, Д.С. Ергалиев², Ж.М. Ташенова³, М.Ж. Ергеш¹

¹Қазақ технология және бизнес университеті, Астана қ, Қазақстан,

²Азаматтық авиация академиясы, Алматы қ, Қазақстан,

³Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана қ, Қазақстан,

dus_man89@mail.ru

Ақылды қиылыс логикалық жүйенің типтік технологиясы болып табылады. Қалада автокөліктің санының тез өсуіне байланысты кептеліс пен ластану сияқты түрлі туындаған проблемалар барған сайын күшейе түсуде.

Адаптивті қиылысты басқару жүйесі, көбінесе қаладағы кептеліс мәселесін шешу үшін жүзеге асырылады. Тұрақты қолданылатын басқару жүйелері әдетте логикалық емес болып саналады, яғни бағдаршам сигналы статикалық түрде өзгереді. Бұл жұмыстың мақсаты-қиылысты логикалық басқарудың адаптивті жүйесін ұсыну, яғни, автокөліктердің жүрісіне байланысты нақты уақыт режимінде бағдаршам сигналдарын өзгерту.

Бұл жүйе көлік құралдары мен бағдаршамдар арасындағы деректерді ұсынуды жүзеге асыратын адаптивті автокөлік байланыс моделінің мысалы болып табылады. Жол қиылысында автокөліктер қиылысқан кезде бағдаршамға датчиктен алынған автокөліктер саны және олардың жылдамдығы туралы сигналдар жіберіледі, ал бағдаршам ол ақпараттарды реттеп нақты уақыт режимінде сигнал беру уақытын реттейді. Екі бағыттағы әрбір бағдаршамның ортогоналдылықты талап етпестен өзіндік басқару стратегиясы бар. Бағдаршамды басқарудың бұл жүйесі қиылыстан өтетін автомобильдер санын барынша арттыруға және реттелген жүйе арқылы кептелістер мен ластануды азайтуға мүмкіндік береді. Автокөліктер жүрісіне негізделген бағдаршамды басқару алгоритмі және оны модельдеу ұсынылған. Мақалада басқару жүйесінің қауіпсіздігі мен сенімділігі де талқыланады.

Түйінді сөздер. Интеллектуалды көлік, бағдаршамдарды басқару жүйесі, алгоритм, модельдеу.

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ АВТОТРАНСПОРТА НА ПЕРЕКРЕСТКЕ

Д.С. Жамангарин^{1*}, А.Д. Тулегулов¹, Д.С. Ергалиев², Ж.М. Ташенова³, М.Ж. Ергеш¹

¹Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана, Казахстан,

² Академия гражданской авиации, г. Алматы, Казахстан,

³ ЕНУ им.Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан,

dus_man89@mail.ru

Из-за быстрого роста количества автомобилей в городе все чаще возникают различные проблемы, такие как заторы и загрязнение окружающей среды. Решением проблемы является разработка типичной технологии умной кросс-логической системы.

Адаптивная система управления перекрестками, наиболее часто применяется для решения проблемы заторов в городе. Постоянно используемые системы управления обычно считаются нелогичными, то есть сигнал светофора изменяется статически. Целью данной работы является представление адаптивной системы логического управления перекрестком, т. е. изменение сигналов светофора в режиме реального времени в зависимости от типа транспортных средств.

Эта система является примером модели адаптивной автомобильной связи, которая реализует представление данных между транспортными средствами и светофорами. Когда автомобили пересекаются на перекрестке, сигналы, полученные от датчиков, отправляются на светофор, после чего светофор корректирует

информацию и регулирует время подачи сигнала в режиме реального времени. Каждый светофор в обоих направлениях имеет свою стратегию управления, не требуя ортогональности. Эта система управления светофором позволяет максимально увеличить количество автомобилей, пересекающих перекресток, и, как следствие, уменьшить заторы и загрязнение. Предложен алгоритм управления светофором на основе типа авто и его моделирование. В статье также обсуждаются безопасность и надежность системы управления.

Ключевые слова. Интеллектуальный транспорт, система управления светофорами, алгоритм, моделирование.

ADAPTIVE TRAFFIC CONTROL AT THE INTERSECTION

D.S. Zhamangarin^{1*}, A.D. Tulegulov¹, D.S. Yergaliyev², Zh. Tashenova³, M. Yergesh¹

¹ Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,

² Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan,

³ L.N. Gumilyov ENU, Astana, Kazakhstan,

dus_man89@mail.ru

The solution to the problem is a typical technology of a smart cross-logic system. Due to the rapid growth in the number of cars in the city, various problems such as congestion and environmental pollution are increasingly emerging.

Adaptive intersection management system, often implemented to solve the problem of congestion in the city. Constantly used control systems are usually considered illogical, that is, the traffic light signal changes statically. The purpose of this work is to present an adaptive system of logical control of the intersection, i.e. changing traffic light signals in real time depending on the type of vehicles.

This system is an example of an adaptive automotive communication model that implements data representation between vehicles and traffic lights. When crossing with cars at an intersection, it sends an instant message to the traffic light, after which the traffic light corrects the information and adjusts the signal time in real time. Each traffic light in both directions has its own management strategy, without requiring orthogonality. This traffic light control system allows you to maximize the number of cars crossing the intersection and, as a result, reduce congestion and pollution. The algorithm of traffic light control based on the type of car and its modeling is proposed. The safety and reliability of this control system are also discussed.

Keywords. Intelligent transport, traffic light control system, algorithm, simulation.

Кіріспе. Көлік адамдардың күнделікті өмірімен тығыз байланысты және адамдар көлікке қаты тәуелді. Интеллектуалдық көлік жүйесі дүние жүзінде дамып келеді, Қазақстанның ірі қалаларында жол қозғалысының интеллектуалды ұйымдастыру жүйесі едәуір артта қалды. Осы себептер жол қозғалысында теңгерімсіздік кептелістерге, жол-көлік оқиғаларына, ластануға және басқа мәселелерге әкеледі. Ең маңызды мәселелердің бірі-көлік кептелісі.

Қазіргі уақытта қолданылатын бағдаршамдарды басқару жүйелерінің көпшілігі статикалық болып табылады, яғни бағдаршамның сигналы белгіленген аралықтарда өзгереді және ол нақты көлік жағдайына сәйкес уақыттар арқылы жүзеге асады. Бірақ іс жүзінде автомобиль саны мен қиылыстардағы автомобильдердің жылдамдығы динамикалық өзгерістер арқылы жүзеге асырылады. Осылайша, белгіленген

бағдаршамның жарқырау ұзақтығы қажеттіліктерге сәйкес келмеуі де мүмкін. Сондықтан интеллектуалды автоматты түрде реттей алатын бағдаршамды басқару жүйесі бағдаршамның автомобильдердің санына байланысты әрекет ету уақыты және нақты уақыт режимінде қиылыстан өтетін автомобильдердің жылдамдығына байланысты жұмыс жасау керек. Бағдаршамды басқарудың мұндай жүйесі кептелістің санын азайтуға мүмкіндік береді [1-3].

Scoot және SATL басқару жүйелері сымсыз сенсорлық желісін ұсынады. Басқару алгоритміне негізделген SATL басқару жүйесі жол ақпаратын жинап, содан кейін орталық контроллерге жібереді. Алгоритм құру, нақты уақыт режимінде шешім табу үшін жүзеге асырылады. Бағдаршамды адаптивті реттеу үшін фотоэлектрлік қосқышты пайдаланады. Жоғарыда аталған жүйелердің көпшілігі, автомобильдер санына байланысты сигнал беру уақытын реттейді

және бағдаршамдардың ортогоналдылығына негізделген бағдаршам сигналының өзгеруін екі бағытта басқарады [4-6].

Зерттеу мақсаты. Зерттеудің мақсаты - SATL адаптивті басқару жүйесінің жұмысын талдау. Нақты уақыттағы және автомобильдер саны мен қозғалыс жылдамдығына байланысты бағдаршамның жұмыс режимдерін зерттеу.

Зерттелетін жүйе байланыс моделі арқылы жүзеге асырылады және автомобильдер мен бағдаршамдар арасында орналасқан сенсордан алынған деректерді пайдаланады. Бағдаршамның микроконтроллерімен алынған деректер нақты уақыт режимінде бағдаршамның өзгеру уақытын реттейді. Сонымен бірге әр бағыттағы әрбір бағдаршам сигналдарын өзгерту барысында көлік құралдарының жылдамдығына байланысты ортогоналдылық талаптарын сақтау керек.

Осылайша, жүйенің қауіпсіздігі мен сенімділігін қамтамасыз ету қажет. Бағдаршамды басқару қиылыстан өтетін көлік құралдарының санын көбейту және оның мүмкіншілігі арттыру мен кептелістерін және ластануды азайтуға мүмкіндік береді.

Әдістер мен материалдар. Бұл мақалада жол қиылысындағы автомобильдердің жылдамдығына негізделген бағдаршамды басқару алгоритмі берілген. Бұл басқару жүйесінің қауіпсіздігі мен сенімділігін бағалауға мүмкіндік беретін модель ұсынылады.

А. Қиылыс сипаттамасы

Бұл жүйе бір қиылысқа қолданылады. Негізгі ой-қиылыстардағы кептелістерді азайту үшін басқару жүйесін жеңілдету керек және оны жүзеге асыруды жеңілдету өте маңызды. Ол үшін алдын-ала қабылданған шарт-автомобильдер тек тікелей бағытта қозғалады.

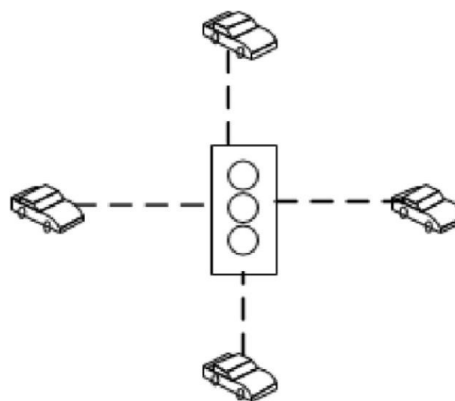
Бұл бағдаршамды басқару жүйесі екі бағытта қозғалатын көліктерге қатысты деректерді қабылдай алады. Осылайша, жүйе жол қозғалысының күйін бақылай алады. Содан кейін бағдаршамдарға басқа-

ру сигналдары жіберіледі: өту уақытына қатысты сигнал ұзақтығының артуы, бағдаршамның ауысуы (қызыл, сары, жасыл) және т. б.

В. Байланыс режимі

Байланыс сигналы автомобильдер мен жол инфрақұрылымы арасындағы өзара әрекеттесуді қамтамасыз етеді. Жол инфрақұрылымы әдеттегі жүйе болып табылады және мыналарды қамтиды: көше шамдарын, бағдаршамдарды, электрондық кедергілерді басқару жүйесі.

1 суретте Star желісінің топологиясы көрсетілген. Автокөлік қозғалысын көріп отырғанымыздай, жол қиылысында жолақты кесіп өту кезінде бағдаршаммен реттеледі. Автомобильдердің саны мен жылдамдығы туралы хабарламалар басқару жүйесіне жіберіледі және одан әрі тиісті ағындардың қозғалысын басқару командалары жасалады[7-8].

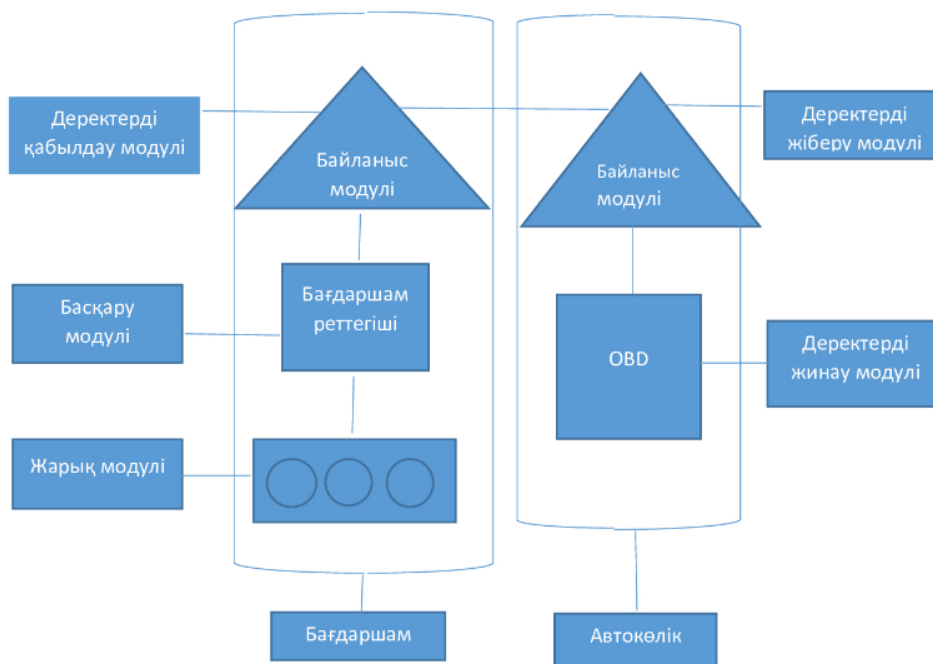


Сурет 1 – Жүйелік желі топологиясы

С. Модульдік сәулет.

Жүйенің екі негізгі бөлігі ол - бағдаршам және автокөліктер. Қиылыстағы әр жолақты сәйкес функциялардың орындалуына байланысты әр түрлі модульдерге бөлуге болады.

Модульдік шешімі 2 суретте көрсетілген.



Сурет 2–Модульдік сұлбасы

Біз ұсынатын модельге басқару модулі, жарықтандыру модулі және деректерді қабылдау модулі кіреді. Жүйе деректерді қабылдау модулін қажетті ақпаратпен қамтамасыз етеді және деректерді өңдеуге жауапты басқару модуліне нұсқаулар жібереді.

Бағдаршам функциялары: деректерді жинау, жылдамдық анықтау, жолақтағы хабарламаларды жинау және деректерді жіберу, көлік құралдарының бағыттары мен басқа да қатынастары. Осы архитектура шеңберінде жүйелік үрдісті келесідей сипаттауға болады: деректерді жинау модулі, автокөлік туралы хабарламалар, соның ішінде жылдамдық, орналасқан жер, бағыт және т.б [9-10].

Автокөлік жолаққа кірген кезде (жүйе қамтитын деректерді берудің максималды қашықтығы) деректерді жіберу модулі хабарламаларды қабылдау модуліне енгізеді. Датчиктен алынған деректерді микроконтроллер бағдаршамға жібереді. Диспетчер жағдайды қадағалайды, тиісті нұсқаулар беру үшін алгоритмде сәйкес шаралар қабылдайды. Сонында жарық модулі шамдарды қосу немесе өшіру уақытын ұзартады немесе азайтады. Бұл әрекеттер сериясы қайталанатын сипатқа ие.

Талқылау және нәтижелер.

А. Деректерді жинау модулі: Бұл жүйеде де-

ректерді жинау және жіберу құрылғысы орналасқан. Бағытталған диагностикалық құрылғы (OBD).

Зерттеу орталығы. Бұл құрылғы автоматты түрде әртүрлі құрылғыларға қосыла алады. Деректерді жинау ондағы камера арқылы жүзеге асырады. Біз жүйелі түрде көліктің OBD интерфейсіне қосыла аламыз. Және жіберген кейбір конфигурацияларды реттеуге болады.

В. V2I байланыс модулі:

1) Байланыс құрылғысы: Мұнда ZigBee модулін қолданылады, бұл жүйеде байланыс модулі V2I арқылы жүзеге асады. ZigBee сигналының 30-50 метр қашықтыққа таралуы мүмкіндігі бар және ашық ауада шамамен 100 метрге жетуге қабілетті. ZigBee модулі өзін-өзі ұйымдастыру және өзін-өзі реттеу мүмкіндіктері бар, желінің өткізу қабілеттілігі үлкен және жақсы байланыс сенімділігі бар технология.

2) берілетін деректер форматы:

Автокөліктер туралы ақпараттар микроконтроллерде келесі түрде анықталады. Деректердің басталуы Data [0] 0x55 тұрақты мәнін пайдалану арқылы жүзеге асады. Келесі екі байт көлік құралының идентификаторы.

1 Кесте -Деректер форматы

Байт нөмірі	Ұзындығы (байт)	Мазмұны
0	1	Деректерді өңдеу бөлімінің басшысы
1	2	Көлік құралының сәйкестендіру нөмірі
3	2	Жылдамдық
5	4	Ендік
9	4	Бойлық
13	4	Қозғалыс бағыты
17	2	Деректердің соңы

Көлік туралы қажетті ақпарат келесі құрылым болып табылады: жылдамдықты анықтау үшін 2 байт, алып жатқан жолақтың ендігін анықтау үшін 4 байт, бағдаршамға дейінгі қашықтықты анықтау үшін 4 байт және қозғалыс бағытын анықтау үшін 4 байт. Алынған OBD жылдамдығы бүтін сан болып табылады, сондықтан оны тікелей он алтылық жүйеге түрлендіруге болады.

Алынған жолақтың ені және бағдаршамға дейінгі қашықтық-үтірден кейінгі 5 таңбадан тұратын нақты сандар. Сондықтан біз оларды алдымен бүтін сандарға айналдыруымыз керек. Қозғалыс бағыты азимутпен ұсынылған бұрыштың бағытымен анықталады. Біз солтүстікке 0 градусқа, шығысқа 90 градусқа тең бағытты белгілейміз.

Біз бастапқы деректердің мәніне 0x0D, ал соңғы деректердің мәні ретінде 0xAA қолданамыз. Мұнда бір байт емес, екі байт қолданылады және барлық деректер кездейсоқ болғандықтан 0x0D және 0xAA мүмкін мәндері 1 кестеде келтірілді.

OBD деректерді жоғарыда көрсетілген форматта қабылдайды. Алынған деректерді талдайды және декодтайды және бірдей хабарламаларды логикалық тұрғыда өңдейді.

С. Басқару модулі:

1) Контроллер: бағдаршам жүйесінің ең маңызды бөлігі болып табылады. Контроллер орындауға жауапты басқару алгоритмі және ол бағдаршам түсін басқаруды жүзеге асырады.

2) Басқару алгоритмі шешетін негізгі мәселе: жылдамдық туралы ақпаратқа сәйкес жол қозғалысының жай-күйін анықтау және бағдаршамдарға дұрыс нұсқаулар беру.

Мұнда екі бағдаршамды қалай үйлестіру керектігін ойластыру қажет. Негізгі басқару алгоритмі келесідей: екі бағдаршам үшін де егер ерекше жағдайлар туындамаса, EW және NS бағыттарындағы бағдаршамдардың қызыл және жасыл түсте жану уақы-

ты 60 секунд. Екі бағдаршам орнатылған V_{max} және V_{min} шектік жылдамдықтары бойынша V_{max} -тен жоғары жылдамдық арқылы жолдың бос екендігін білдірсе, ал V_{min} төмен жылдамдық бойынша кептелістің бар екендігін білдіреді.

Нақты алгоритм:

а) Алгоритмді талдау: бұл алгоритм келесідей V_{EW} бағыты және V_{NS} бағытын қолданады. Алгоритмде "Т" бас әрпі "бұл бағыт" дегенді білдіреді, ал "О" "Қарама-қарсы бағыт" дегенді білдіреді. EW белгісі батыстан шығысқа қарай жүретін көліктерді, ал NS белгісі оңтүстіктен солтүстікке қарай жүретін көліктерді білдіреді. Жоғарғы индекс "+" көліктің қиылыста екенін, ал "↑" деген бұл көлік келесі учаскеде екенін білдіреді. Мысалы, егер біз EW бойынша бағдаршам қолдансақ, V+T-көлік жылдамдығы EW бағытындағы қиылыстағы жүйеге келеді. Ал V↑O-қиылыстан оңтүстіктен солтүстікке қарай шығатын көліктің жылдамдығы болады;

Сонымен бірге жылдамдықтың өлшем бірлігі километр/сағат (км/сағ) екендігі белгілі.

Жүйеге V_{max} -ты 40 км/сағ., V_{min} -ді 20 км/сағ. жылдамдықтарын орнатамыз.

б) алгоритмнің қауіпсіздігі және сенімділік: алгоритм үшін қауіпсіздік пен сенімділік маңызды қасиет болып табылады. Жүйеде бұл екі қасиет келесідей анықталады.

Қауіпсіздік дегеніміз екі бағдаршамның бір уақытта бір түсте жанбауы талап етіледі.

Сенімділік алгоритмге реттеуге мүмкіндігін береді, яғни екі бағыттағы бағдаршамдар түстері кезекпен жануы қамтамасыз етіледі.

Қауіпсіздік пен сенімділікті қамтамасыз ету үшін алгоритм тұрақты жұмыс жасауы қажет. Мысалы, егер екі бағдаршам да қызыл түспен жанып тұрса, кайсыбір бағыттағы учаске бұғатталмаған, сондықтан қай бағытта қызыл жану уақыты аз болса сол бағытта жасыл түсті жандыру керек. Сонымен қа-

тар, бағдаршамдар оларға қажетті келесі ережелермен жұмыс жасайды.

1-ереже егер сіз қызыл индикаторды қосуыңыз керек болса, бірақ басқа индикатор жасыл болып жанады және өзгермейді, содан кейін қызыл жанады.

Күндізгі жарық уақыты:

1: Егер қазіргі уақытта индикатор жасыл болып жанса, онда;

2: егер $(V + T > V_{\max}$ и $V^{\uparrow}T > V_{\max}$) и $(V^{\uparrow}O < V_{\min})$ содан кейін;

3: қалған уақыттың секундын тексеру керек 10 секундқа тең болса, жасылға 10 секунд қосу керек;

4: егер ол аяқталса;

5: содан $(V + T > V_{\min}$ и $V^{\uparrow}T > V_{\min})$ и $!Empty(T_{In})$ и $Empty(O_{In})$;

6: қалған уақыттың секундын тексеру керек;

10 секундқа тең болса, жасылға 10 секунд қосу керек;

7: егер ол аяқталса;

8: егер $V + T > V_{\min}$ и $V^{\uparrow}O > V_{\min}$ содан кейін;

9: қалған уақыттың ұзағырақ екенін тексеру керек, бұл 10 секундқа тең болса, ал жасыл шам жанып кетсе, 30 секундтан болса, ауыстыру керек;

10: егер ол аяқталса;

11: егер $V^{\uparrow}T > V_{\min}$ и $V^{\uparrow}O > V_{\min}$ содан кейін;

12: қалған уақыттың ұзағырақ екенін тексеру керек немесе бұл 10 секундқа тең болса, ал жасыл бағдаршам жану керек. Ал, 30 секундтан аз болса, жасыл индикатор қызыл жану керек;

13: егер ол аяқталса;

14: егер қазіргі уақытта индикатор қызыл түспен жанып тұрады;

15: егер $(V^{\uparrow}T > V_{\min})$ и $(V + O > V_{\max}$ и $V^{\uparrow}O > V_{\max})$ содан кейін;

16: қалған уақыттың *min* екенін тексеру керек, онда индикатор жануы 10 секундқа тең болады;

17: егер ол аяқталса;

18: егер бос болса (T_{In}) и $(V + O > V_{\min}$ и $V^{\uparrow}O >$

$V_{\min})$ и $!Empty(O_{In})$ содан кейін;

19: қалған уақыты *min* 10 секундқа тең болады;

20: егер ол аяқталса;

21: егер $V^{\uparrow}T > V_{\min}$ и $O_{Жарық} =$ Содан кейін ҚЫЗЫЛ;

22: қалған уақыттың ұзағырақ екенін білеміз немесе бұл 10 секундқа тең болады, ал қызыл бағдаршам жанып 30 секундқа қосылады;

23: end

Индикатор жасыл жанғанша күтуі керек. Екі бағдаршамды бір уақытта ауыстыруға болады.

2. ереже егер екі бағдаршам да қызыл шаммен жанып тұрса және релебір сәтте қосылса, содан кейін ұзақ уақыт бойы қызыл болып қалған жарықты ауыстырылады.

с) Алгоритмді модельдеу: алгоритмнің дұрыстығын тексеру, алгоритмді Simulink/MATLAB көмегімен модельдейміз.

3. Бұл модель алгоритмнің қалай жұмыс істейтінін сипаттайды. Цикл бар үш күй: R G, G R және R R. Алдыңғы әріп бағдаршам EW бағыты, ал келесі әріп NS бағытын білдіреді. Бастапқы жол R G болса V C EW үшін 0-70 (V + дегенді білдіреді EW), V n EW (v^{\uparrow} дегенді білдіреді EW), V C NS (V+дегенді білдіреді NS), V n NS (декодталған V^{\uparrow} ретінде NS), және мәні 1 немесе мәні 0 болатын екі кездейсоқ бүтін сан Бос EW in (бос(EW In) дегенді білдіреді) және бос NS in(бос (NS In) дегенді білдіреді). Егер бос жол кіреберіске V^{\uparrow}_{EW} тағайындалса мәні 1 тең, содан кейін V^{\uparrow}_{EW} бағытында жақындап келе жатқан көлік мәні 0. Егер EW бағдаршамы жасыл түспен жанса, уақыт аралығы EW intEW Green p () функциясының қайтарылған мәнін қабылдайды. Функция Ew Green p () функциясында анықталған болса басқа функциялар, атап айтқанда EW red p (), NS green p () және NS red p (), орындалады.

Ew айнаымалы сағаттары мен NS сағаттары қанша уақытқа созылатынын микроконтроллер көрсетеді. Егер индикатор уақыт аралығына тең болса, бағдаршамдар арасында тиісті ауысуларды реттеу керек.

1-Функция: EW жасыл p ()

```
1: function interval = EW_green_p()
2:     if (Vc EW > MAX && Vn EW > MAX && NS light == RED && Vn NS < MIN)
3:         if (EWint <= EW clock + 10)
4:             interval = EW int + 10;
5:         else
6:             interval = EW int;
```



```

7:         end
8:     else if (Vc EW > MIN && Vn EW > MIN && Empty EW in == 0 &&
           NS light == RED && Empty NS in == 1)
9:         if (EWint <= EW clock + 10)
10:            interval = EW int + 10;
11:        else
12:            interval = EW int;
13:        end
14:    else if (Vc EW < MIN && Vn NS > MIN)
15:        if (EWint >= EW clock + 10 && EW clock > 30)
16:            interval = EW clock;
17:        else
18:            interval = EW int;
19:        end
20:    else if (Vn EW < MIN && Vn NS > MIN)
21:        if (EWint >= EW clock + 10 && EW clock > 30)
22:            interval = EW clock;
23:        else
24:            interval = EW int;
25:        end
26:    else
27:        interval = EW int;
28:    end

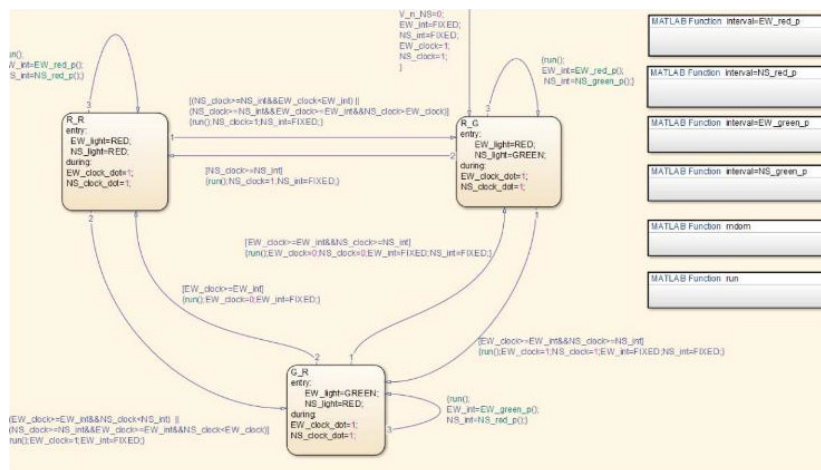
```

Біз бір сағат ішіндегі автомобильдердің жылдамдығын кездейсоқ түрде аламыз, ал содан кейін біз бағдаршамның қалай жұмыс істейтінін бақылаймыз. 3-4 суретте кездейсоқ жылдамдық ретінде алынған мәндер көрсетілген. Төменнен жоғары V сияқты функциялар V_{EW+} , Жасыл $V_{EW\uparrow}$, V_{NS+} , $V_{NS\uparrow}$, бос (EW_In) және кезекті уақыт ішінде бос (NS in) өзгеріс болады.

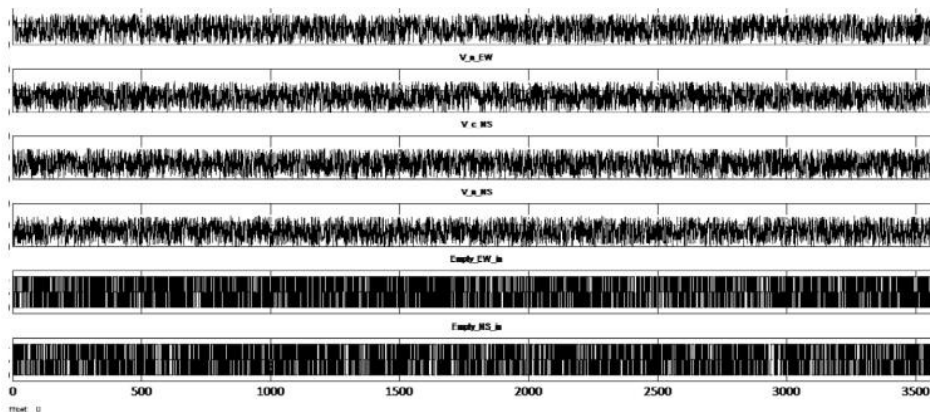
Модельдеу нәтижесі 5 суретте көрсетілген. Бұл

циклде қызыл қатты сызық EW бағдаршамын, ал қара нүктелі сызық NS бағдаршамын білдіреді. Уақыттың әр сәтінде индикатор екі мәнің бірін алады: 1 мәні немесе 0 мәні.

1 мәні индикатордың жасыл түспен жанатынын, ал 0 қызыл түспен жанатынын білдіреді. Түсінікті болу үшін біз 3600 секундтан үш жағдай ретінде үш аймақты таңдаймыз сурет.



Сурет 3 – Модельдеу моделі



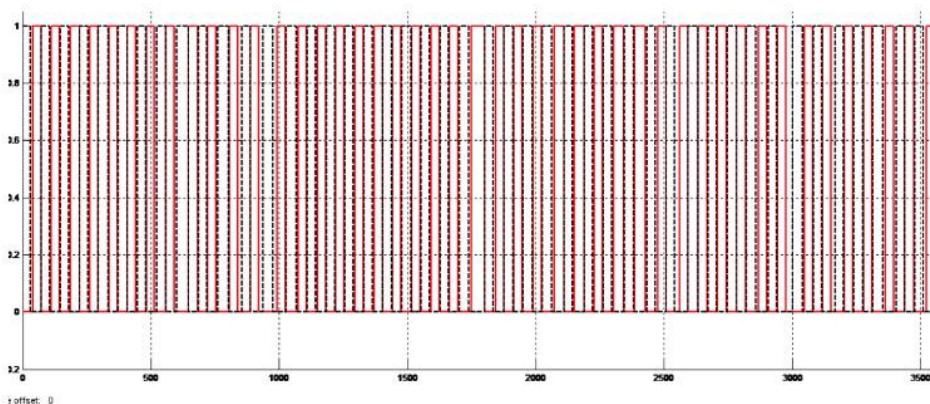
Сурет 4 – Көліктің кездейсоқ жылдамдығы

1-жағдай алдымен бағдаршамнан автокөлік қай уақытта өткенін анықтаймыз.

Суретте 6 көрсетілген 32-ші секундта бағдаршамның NS бағытында қызыл түсі қосылады, ал басқа бағдаршам 41 секундта жанады. 31-ші секундта v_{NS} жылдамдығы 13,2269 км / сағ, яғни ол бұғатталған. Ал v_{EW} жылдамдығы 52,1285 км / сағ. Ол түстердің жасылдан қызылға ауысу шартына сәйкес келеді, сондықтан индикатор қосылуы шарт. EW бағытындағы бағдаршам сигналы үшін, NS бағдаршамы қызыл түске айналғаннан кейін, 32 секундта, v_{BEW} 54,6159 км / сағ құрайды, бұл v_{min} -ден үлкен, сондықтан қызыл түс уақыты 10 секундқа, 33

секундқа қысқарады, v_{EW} -бұл 31,2749 км/сағ, қызыл уақыт қайтадан 40 секундқа дейін қысқарады, сондықтан бұл 41-ші секундта индикатор жасыл болып жанады. 32-ден 41-ші секундқа дейінгі кезеңге назар аударыңыз, осы уақыт ішінде екі бағдаршам да қызыл болып жанады.

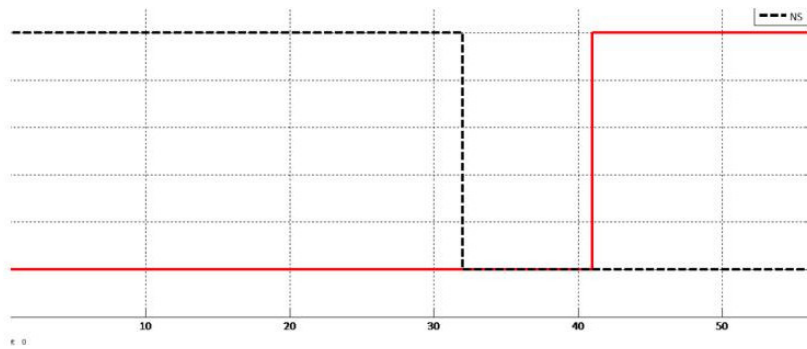
Жүйе NS бағыт блогына байланысты осы күйіне жетеді. Содан кейін құлыптан босатылған бағыттың қызыл уақыты қысқарады және жүйе GR күйіне өтеді.



Сурет 5–Модельдеу нәтижесі

Ескерту: қызыл қатты сызық: EB бағдаршамы. Қара нүктелі сызық: солтүстік бағыттағы бағдаршам сурет 6.

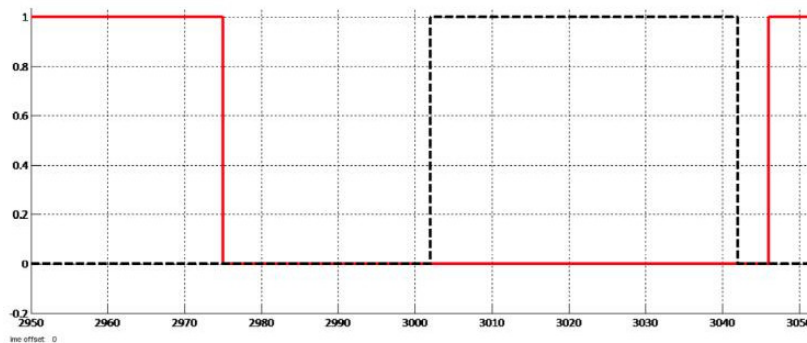
1 Мәні: Жасыл. 0 Мәні: Қызыл.



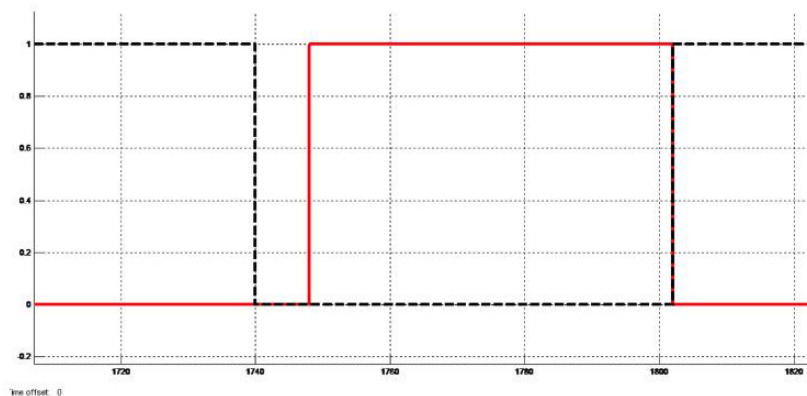
Сурет 6 – 1-мысал, бағдаршам алғаш рет түрлендіреді

2 жағдай. Бұл жағдайда бағдаршамның қосылған күйінің ұзақтығы артады.

7-суретте бағдаршамның EW70 бағытындағы жұмыс режимі көрсетілген. 2975-тен 3045 секундқа дейінгі аралықта қызыл жанады. Жылдамдықты талдағаннан кейін, осы уақыт ішінде бағдаршам режимі 7 рет өзгеретінін анықтаймыз. Талдау нәтижесінде біз 70 секундты құрайтын ауысу аралығын алдық. Бұл жағдай 8-суретте көрсетілген.



Сурет 7 – 2-мысал, REB бағытының кеңейтілген қызыл уақыты



Сурет 8 – 3-мысал, қалыпты жағдай

Қорытынды. Қазіргі уақытта жол кептелісі ең үлкен қиындықтардың бірі болып табылады. Біз жолдардың өткізу қабілетін арттыруға және жол кептелісін азайтуға арналған бағдарламаларды басқарудың адаптивті жүйесін ұсындық және негіздедік. Біздің жүйе ZigBee арқылы OBD және басқа технологияларды қолданады. Жүйенің негізін бағдарламалардың жану ұзақтығын және жарқыл түстері арасындағы үзілісті реттейтін адаптивті контроллер құрайды. Gorenje. Біз жаңа жүйе арқылы бағдарламды басқару алгоритмін ұсынамыз. Қолданыстағы басқару жүйелерімен салыстырғанда, ұсынылған басқару жүйесі қиылыстардағы кептелістерді тиімді басқаруға және өткізу қабілеттілігін арттыруға қабілетті [10-11].

Әдебиеттер

1. Milanes V., Villagra J., Godoy J., Simo J., Perez J., Onieva E. V2I-based intelligent traffic management system». - IEEE Intelligent Transport Operations Systems. - 2012.- Vol.13. Iss.1.- pp. 49-58.
2. Zhao Na , Yuan Jia-bin, Xu Han.- Survey on Intelligent transport system. [J].- Computer science.- China.- 2014 - Vol. 41.Iss.11.- pp. 7-11.
3. Zhao J.The design and realization of self-adaptive Crossing traffic control system. - Journal of Taiyuan University of technology. - Taiwan. - 2013.- Vol.44.Iss.4.- pp. 35-43.
4. Pu Hong-Quan, JIA Jun-Ying,ZHANG Xiao-Jiao, SUN Jian-Wei. Survey on zigbee network technology research. Computer Systems and Applications.- China.- 2013.-Vol.22.Iss.9.- pp.6-11.
5. W.Chen, L.Chen, Zh.Chen,Sh.Tu. A realtime dynamic traffic control system based on wireless sensor network.[International Conference on Parallel Processing Workshops \(ICPPW'05\)](#). 2005. 14-17 June. Oslo.Norway. pp. 258-264.
6. Y.Hong and O. W. W. Yang, "Design of adaptive pi rate controller for best-effort traffic in the internet based on phase margin," IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst. -2007.-V.18. Iss. 4.- pp. 550-561.
7. V.Hirankitti, J.Krohkaew, and C. J. Hogger.A multi-agent approach for intelligent traffic-light control. - Proceedings of the World Congress on Engineering 2007.Vol.I.- WCE 2007.- July 2-4.-London.- pp. 116-121.
8. Haoui A, Kavalier R and Varaiya P 2008 Wireless magnetic sensors for traffic surveillance. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. Elsevier Ltd.-2008.- Vol.16.Iss.3. - pp.294-306.
9. Wei Y., Lu H., He Zh. - Research on V2I communication performance of intelligent traffic system based on OPNET. -Automation & Instrumentation.China. - 2015. - Vol. 5. Iss.2. - pp. 8-10.
10. R. H. Smith, D. C. Chin. Evaluation of an adaptive traffic control technique with underlying system changes.- Winter Simulation Conference Proceedings.-Arlington.-USA.- 1995, pp. 1124-1130.
11. Nooralahiyani A Y, Kirby HR and McKeown D. 1998 Vehicle classification by acoustic signature. Mathematical and Computer Modelling .Elsevier.1998.V 27.Iss.9. pp. 205-214.

References

1. Milanes V., Villagra J., Godoy J., Simo J., Perez J., Onieva E. V2I-based intelligent traffic management system». - IEEE Intelligent Transport Operations Systems. - 2012.- Vol.13. Iss.1.- pp. 49-58.
2. Zhao Na , Yuan Jia-bin, Xu Han.- Survey on Intelligent transport system. [J].- Computer science.- China.- 2014 - Vol. 41.Iss.11.- pp. 7-11.
3. Zhao J.The design and realization of self-adaptive Crossing traffic control system. - Journal of Taiyuan University of technology. - Taiwan. - 2013.- Vol.44.Iss.4.- pp. 35-43.
4. Pu Hong-Quan, JIA Jun-Ying,ZHANG Xiao-Jiao, SUN Jian-Wei. Survey on zigbee network technology research. Computer Systems and Applications.- China.- 2013.-Vol.22.Iss.9.- pp.6-11.
5. W.Chen, L.Chen, Zh.Chen,Sh.Tu. A realtime dynamic traffic control system based on wireless sensor network.[International Conference on Parallel Processing Workshops \(ICPPW'05\)](#). 2005. 14-17 June. Oslo.Norway. pp. 258-264.

-
6. Y.Hong and O. W. W. Yang, "Design of adaptive pi rate controller for best-effort traffic in the internet based on phase margin," IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst. -2007.-V.18. Iss. 4.- pp. 550-561.
 7. V.Hirankitti, J.Krohkaew, and C. J. Hogger. A multi-agent approach for intelligent traffic-light control. - Proceedings of the World Congress on Engineering 2007.Vol.I.- WCE 2007.- July 2-4.-London.- pp. 116-121.
 8. Haoui A, Kavalier R and Varaiya P 2008 Wireless magnetic sensors for traffic surveillance. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. Elsevier Ltd.-2008.- Vol.16.Iss.3. - pp.294-306.
 9. Wei Y., Lu H., He Zh. - Research on V2I communication performance of intelligent traffic system based on OPNET. -Automation & Instrumentation.China. - 2015. - Vol. 5. Iss.2. - pp. 8-10.
 10. R. H. Smith, D. C. Chin. Evaluation of an adaptive traffic control technique with underlying system changes.- Winter Simulation Conference Proceedings.-Arlington.-USA.- 1995, pp. 1124-1130.
 11. Nooralahiyan A Y, Kirby HR and McKeown D. 1998 Vehicle classification by acoustic signature. Mathematical and Computer Modelling .Elsevier.1998.V 27.Iss.9. pp. 205-214.

Авторлар туралы мәліметтер

Жамангарин Д.С. -PhD доктор, проректор, Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, e-mail: dus_man89@mail.ru;

Тулегулов А.Д. - физика-математика ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, кафедра меңгерушісі, Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, e-mail: tad62@ya.ru;

Ергалиев Д.С. -техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Азаматтық авиация академиясы, Алматы қ, e-mail: EDS67@gmail.com;

Ташенова Ж.М. - PhD доктор, Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана қ, Қазақстан, e-mail: zhuldyz_tm@mail.ru.;

Ергеш М.Ж.- магистр, Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, e-mail: manas@mail.ru.

Information about the authors

Zhamangarin D.S. - PhD, Vice-Rector, Kazakh University of Technology and Business, Astana, e-mail: dus_man89@mail.ru;

Tulegulov A.D. - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department. Kazakh University of Technology and Business, Astana, e-mail: tad62@ya.ru;

Yergaliyev D. S.- candidate of technical sciences, associate professor, Academy of Civil Aviation, Almaty, e-mail: EDS67@ya.ru;

Tashenova Zh. M.- PhD, L. N. Gumilyov ENU, Astana, e-mail: zhuldyz_tm@mail.ru.;

Yergesh M. Zh.- master's degree, Kazakh University of technology and business, Astana, e-mail: manas@mail.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ВЫВОДА УРАВНЕНИЙ ФАРМАКОКИНЕТИКИ

А. Т. Мазакова*, А. Ж. Кенжебаева, А.Т. Турсынбай, Т.Ж. Мазаков, Ш. А. Джомартова,
Г. З. Зиятбекова

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,
e-mail: aigerym97@mail.ru

В статье исследована n-камерная фармакокинетическая модель, описываемая обыкновенными дифференциальными уравнениями. На основе сведения рассматриваемой модели к интегральному уравнению Вольтерра второго рода получен аналитический вид его решения. На основе применения компьютерной алгебры разработан конструктивный алгоритм решения обратной задачи фармакокинетики. Разработано программное обеспечение на MatLab. Эффективность предложенного алгоритма продемонстрирована на модельной задаче.

Ключевые слова: интегральное уравнение Вольтерра, компьютерная алгебра, многокамерная модель, обратные задачи, фармакодинамика, фармакокинетика, функционал.

ФАРМАКОКИНЕТИКАЛЫҚ ТЕНДЕУЛЕРДІ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ШЫҒАРУДЫ АВТОМАТТАНДЫРУ

А.Т. Мазақова*, А.Ж. Кенжебаева, А.Т. Турсынбай, Т.Ж. Мазақов, Ш.А. Джомартова,
Г.З. Зиятбекова

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,
e-mail: aigerym97@mail.ru

Мақалада қарапайым дифференциалдық тендеулермен сипатталған n-камералы фармакокинетикалық модель зерттеледі. Қарастырылып отырған модельді екінші текті Вольтерра интегралдық тендеуіне келтіру негізінде оның шешімінің аналитикалық түрі алынады. Компьютерлік алгебраны қолдану негізінде фармакокинетиканың кері есебін шешудің конструктивті алгоритмі жасалды. MatLab жүйесінде әзірленген бағдарламалық қамтамасыз ету. Ұсынылған алгоритмнің тиімділігі модельдік есепте көрсетілген.

Түйінді сөздер: Вольтерра интегралдық тендеуі, компьютерлік алгебра, көп камералы модель, кері есептер, фармакодинамика, фармакокинетика, функционалдық.

AUTOMATION OF RESEARCH AND DERIVATION OF PHARMACOKINETIC EQUATIONS

A.T. Mazakova*, A.Zh. Kenzhebayeva, A.T. Tursynbay, T.Zh. Mazakov, Sh.A. Jomartova,
G.Z. Ziyatbekova

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: aigerym97@mail.ru

The article investigates the n-chamber pharmacokinetic model described by ordinary differential equations. Based on the reduction of the model under consideration to the Volterra integral equation of the second kind, an analytical form of its solution is obtained. Based on the application of computer algebra, a constructive algorithm for solving the inverse problem of pharmacokinetics has been developed. Developed software on MatLab. The efficiency of the proposed algorithm is demonstrated on a model problem.

Keywords: Volterra integral equation, computer algebra, multi-chamber model, inverse problems, pharmacodynamics, pharmacokinetics, functional.

Введение. В последние годы получили совместное развитие научно-технические направления фармакокинетика (ФК) и фармакодинамика (ФД) [1].

Фармакокинетические модели широко используются в качестве средства прогнозирования расположения лекарственного средства в организме. Это можно предсказать, моделируя одновременное распределение лекарственного средства через ткани тела и клиренс [2-3].

Фармакокинетические исследования изучают, как организм взаимодействует на всасывание, распределение, метаболизм и выведение исследуемых лекарств, выраженные в математических терминах [4].

В 1968 году Е.Крюгер-Тимер впервые предложил модель с двумя камерами для достижения и поддержания постоянного уровня концентрации лекарств в крови [5]. Результаты показали, что нагрузочная доза была необходима для заполнения начального объема распределения для достижения устойчивого состояния.

Дальнейшее научное развитие ФК и ФД продолжается с точки зрения совершенствования применяемого математического аппарата, аналитических методов, методики измерений, углубленного изучения и обоснования физиологических основ.

Фармакокинетический анализ проводится безкамерными (модельно-независимыми) или камерными методами. Основным преимуществом камерных методов перед безкамерными методами является способность прогнозировать концентрацию [6-7].

На практике количество камер обычно ограничено до 3, поскольку биологическая изменчивость и изменение анализа не позволяют оценить дополнительные коэффициенты и показатели по наблюдаемым данным. Усложнение модели кинетики с увеличением числа камер модели до двух и более может быть произведено в случае, если математический анализ ФК-данных показывает неадекватность описания их моделью с более простой структурой или необходимостью такого усложнения диктуется известными свойствами данного препарата [1].

При назначении многих препаратов врачу приходится принимать во внимание вариацию реакций пациентов на терапию. Раньше считалось, что различия объясняются в основном индивидуальной чувствительностью или резистентностью. Исследования последних десятилетий в области фармакокинетики и фармакодинамики показали, что во многом эти различия обусловлены межиндивидуальной вариабельностью показателей процессов всасывания,

распределения и элиминации лекарственных препаратов. Возраст, пол, генетические особенности пациента, его физическое состояние, наличие сопутствующих заболеваний, получаемая пациентом комплексная терапия могут оказывать влияние на протекание этих фармакокинетических процессов [1].

Переход препарата из крови во внесосудистое пространство (внеклеточную и внутриклеточную жидкости, ткани) называется его распределением. Распределение препарата - это обычно быстрый и обратимый процесс. Так, вскоре после внутривенного введения препарат достигает равновесного распределения между плазмой, эритроцитами, другими жидкими средами и тканями организма. В результате достижения этого динамического равновесия изменение концентрации препарата в плазме отражает изменения концентрации препарата в других тканях, включая место действия.

Выведение препарата, или элиминация, обеспечивается (из крови в мочу или другие экскреторные камеры, такие, как желчь, слюна, грудное молоко), а также биотрансформацией препарата в тканях или плазме. Процессы элиминации, обычно необратимые, включающие все способы экскреции и метаболической инактивации: выведение почками или легкими, с желчью, с экскрементами, через кожу, биотрансформацию и т.п., - ответственны за выведение препарата из организма.

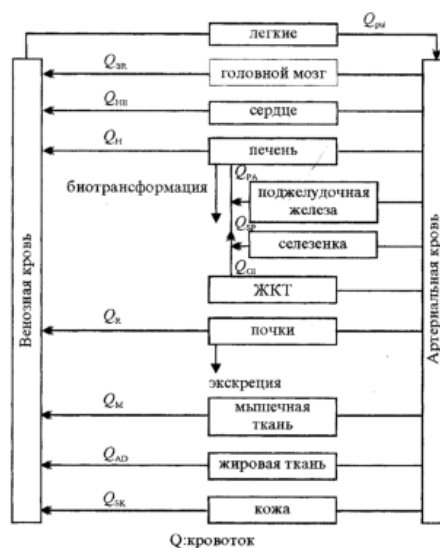


Рис. 1 - Схема кровообращения

Поскольку проникновение препарата в ту или иную ткань зависит от ее кровоснабжения, относительно доступными для препаратов обычно считают

кровь, интерстициальную жидкость и сильно васкуляризованные ткани сердца, мозга, легких, печени, почек, эндокринных желез, а менее доступными - все остальные ткани (Рисунок 1).

Для решения задач клинической фармакокинетики целесообразно и необходимо использовать математическое моделирование. Часто именно выбор адекватной модели, подходящего алгоритма идентификации ее параметров по имеющимся измерениям концентрации препарата, моментов времени взятия проб крови в ходе процедуры мониторинга определяют точность прогноза эффективности и безопасности терапии, а иногда и саму возможность такого прогноза.

Материалы и методы. В общем виде ФК-модель может быть представлена как система дифференциальных уравнений, записанная на основе баланса масс (скорость изменения количества препарата в камере модели равна разности между скоростью поступления в нее и скорости выведения из нее препарата). В общем виде такая система дифференциальных уравнений, описывающая кинетику лекарственного препарата в организме, может быть записана так [8]:

$$\dot{X} = F(X, \theta, U, t), \quad X(0) = X_0, \quad (1)$$

где θ - вектор параметров размерности m , $U(t)$ - входы модели, задающие способы введения препарата, $X(t)$ - вектор переменных модели размерности n (обычно количества препарата в камерах модели), время $t \in [0, T]$. T - задано.

К системе уравнений (1) добавляются начальные условия:

$$X(0) = X_0 \quad (2)$$

Модель кинетики дополняется системой уравнений регистрации, или измерений концентрации препарат в тест-тканях или измерения показателей эффектов:

$$Y(t) = Z(X(t), \theta) \quad (3)$$

Линейной многокамерной модели соответствует система дифференциальных уравнений баланса масс с постоянными коэффициентами (константами скорости переноса):

$$\dot{X} = A(\theta)X, \quad (4)$$

$$X(0) = X_0, \quad (5)$$

где $A(\theta)$ - $n \times n$ - матрица элементы которой зависят от вектора параметров.

Для линейной модели кинетики измерения концентрации препарат в тест-тканях производятся в моменты времени $t_j, j = \overline{0, p}$:

$$Y(t_j) = C * X(t_j, \theta). \quad (6)$$

Здесь p - число измерений, C - n -вектор.

Обратная задача

Обратные задачи связаны с обращением причинно-следственной связи, т. е. задачи определения неизвестных причин известных следствий. Такие задачи возникают обычно как задачи интерпретации тех или иных наблюдений или как задачи восстановления внутреннего состояния объекта по его внешним проявлениям [9]. Для (4)-(5) это задачи идентификации индивидуальных неизвестных параметров (элементов матрицы $A(\theta)$ от параметров (θ)) и по результатам измерения концентрации изучаемого препарата в тест-камерах (6).

Для идентификации параметров модели (4)-(5) существуют много методов, основанных на минимизации функционалов, зависящих от экспериментальных и прогнозных данных [10-11]:

$$S = \sum_{j=0}^p (Y_j^{ex} - C * X(t_j, \theta))^2 \rightarrow \min, \quad (7)$$

или решении системы нелинейных алгебраических уравнений

$$C * X(t_j, \theta) = Y_j^{ex}, \quad j = \overline{1, p}, \quad (8)$$

где Y_j^{ex} измеренное значение в момент времени $t_j, j = \overline{0, p}$,

$X(t_j, \theta)$ - решение системы дифференциальных уравнений (4).

Запишем решение системы (4) в виде

$$X(t, \theta) = e^{A(\theta)t} * X_0. \quad (9)$$

Как известно [12-13], построение матрицы $e^{A(\theta)t}$ - довольно сложная задача, тем более зависящей от параметров θ . Поэтому многие исследователи фармакокинетических моделей ограничиваются тремя камерами [14-15].

Решение систему уравнений (4)-(5) запишем в виде интегрального уравнения:

$$y(t) = f(t) + \int_0^t R(t, \tau) * f(\tau) d\tau \quad (13)$$

$$X(t, \theta) = X_0 + \int_0^t A(\theta) * X(\tau, \theta) d\tau, t \in [0, T] \quad (10)$$

Уравнение (12) является частным случаем интегрального уравнения Вольтерра второго рода [16]

$$y(t) = f(t) + \mu \int_0^t K(t, \tau) * y(\tau) d\tau, \quad (11)$$

где

$$y(t) = X(t, \theta); f(t) = X_0; K(t, \tau) = A(\theta); \mu = 1. \quad (12)$$

Теорема 1. Уравнение (12) имеет единственное непрерывное решение при заданных фиксированных значениях параметров θ . Это решение может быть найдено методом последовательных приближений.

Доказательство. Так как матрица $A(\theta)$ и вектор начальных условий матрица X_0 при фиксированных значениях параметров θ являются постоянными, то тем самым выполнены все условия теоремы 1 [16]. Отсюда следует справедливость утверждения теоремы.

Для уравнения (13) обозначим оператор Вольтерра через

$$By = \int_0^t K(t, \tau) * y(\tau) d\tau.$$

Определим повторное ядро оператора Вольтерра:

$$B^n y = \int_0^t K_n(t, \tau) * y(\tau) d\tau,$$

$$K_n(t, s) = \int_s^t K(t, \tau) K_{n-1}(\tau, s) d\tau,$$

$$R(t, s) = \sum_{n=1}^{\infty} K_n(\tau, s).$$

Пусть $M = 0 \leq t, s \leq T |K(t, s)|$ Тогда для повторных ядер справедливо

$$|K_n(t, s)| \leq \frac{M^n * (t-s)^n}{(n-1)!}.$$

Тогда решение уравнения (13) примет вид [17]

Вместо $y(\tau)$ в (15) подставим $X(\tau, \theta)$

Отсюда в силу независимости матрицы $A(\theta)$ от времени получим

$$X(t, \theta) = \left(E + A(\theta)t + \frac{1}{2}A(\theta)^2 t^2 + \frac{1}{k!}A(\theta)^k t^k + \dots \right) X_0 \quad (14)$$

Для достаточно больших k величина $\frac{1}{k!} \|A(\theta)^k * t^k\|$ становится малой и (16) можно переписать в виде

$$X(t, \theta) = \left(E + \sum_{k=1}^r \frac{1}{k!} A(\theta)^k * t^k \right) X_0. \quad (15)$$

Теорема 2. Для любого $\varepsilon \geq 0$ существует номер r , такой что для всех $k > r$ справедливо $\frac{1}{k!} \|A(\theta)^k * T^k\| \leq \varepsilon$.

Доказательство. Введем обозначения

$$a = \|A(\theta)\| * T, a_k = \frac{1}{k!} a^k. \text{ Рассмотрим ряд } 1 + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{a_k}{k!}.$$

$$\text{Вычислим } \rho = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{a_{k+1}}{a_k} = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{a}{k+1} = 0.$$

Т.к. $\rho \leq 1$, то построенный ряд является сходящимся. Для любого $\varepsilon \geq 0$ существует номер r , такой что для всех $k > r$ справедливо $\frac{a_{k+1}}{a_k} \leq \rho + \varepsilon$ [17].

Отсюда $\frac{a}{r+1} \leq \varepsilon$ или $r = \lceil \frac{a}{\varepsilon} \rceil$. (Целая часть от деления). Отсюда следует справедливость

утверждения теоремы.

Результаты и обсуждение. Дальнейшие исследования проведем на примере модели, описываемой уравнениями (4)-(5).

Здесь матрица $A(\theta)$ примет вид:

$$A(\theta) = \begin{pmatrix} -\theta & 0 & 0 & 0 \\ \theta & -0.5 & 0 & 0.4 \\ 0 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0 & -0.4 \end{pmatrix}$$

Тогда аналитическое решение примет вид:

$$X(\theta, t) = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{pmatrix}$$

где

$$\begin{aligned}
 X_1(\theta, t) &= 2 - 2t\theta + t^2\theta^2 - \frac{1}{3}t^3\theta^3 + \frac{1}{12}t^4\theta^4 - \frac{1}{60}t^5\theta^5, \\
 X_2(\theta, t) &= 2t\theta + t^2(-\theta^2 - 0.5\theta) + \frac{1}{3}t^3(\theta^3 + 0.5\theta^2 + 0.37\theta) \\
 &\quad + \frac{1}{12}t^4(-\theta^4 - 0.5\theta^3 - 0.37\theta^2 - 0.293\theta) + \frac{1}{60}t^5(\theta^5 + 0.5\theta^4 + 0.37\theta^3 + 0.293\theta^2 + 0.2341\theta), \\
 X_3(\theta, t) &= 0.2t^2\theta + \frac{1}{3}t^3(-0.2\theta^2 - 0.10\theta) + \frac{1}{12}t^4(0.2\theta^3 + 0.10\theta^2 + 0.074\theta) \\
 &\quad + \frac{1}{60}t^5(-0.2\theta^4 - 0.10\theta^3 - 0.074\theta^2 - 0.058\theta), \\
 X_4(\theta, t) &= 0.3t^2\theta + \frac{1}{3}t^3(-0.3\theta^2 - 0.27\theta) + \frac{1}{12}t^4(0.3\theta^3 + 0.27\theta^2 + 0.219\theta) \\
 &\quad + \frac{1}{60}t^5(-0.3\theta^4 - 0.27\theta^3 - 0.219\theta^2 - 0.175\theta).
 \end{aligned} \tag{16}$$

При фиксированном значении $\theta = 0.5$

$$\begin{aligned}
 X_1(0.5, t) &= 2 - t + 0.25t^2 - 0.041t^3 + 0.005t^4 - 0.0005t^5, \\
 X_2(0.5, t) &= t - 0.5t^2 + 0.145t^3 - 0.03t^4 + 0.005t^5, \\
 X_3(0.5, t) &= 0.1t^2 - 0.033t^3 + 0.007t^4 - 0.001t^5, \\
 X_4(0.5, t) &= 0.15t^2 - 0.07t^3 + 0.17t^4 - 0.003t^5.
 \end{aligned} \tag{17}$$

В случае если размерность m вектора параметров θ совпадает с числом измерений p в (6), то неизвестные параметры θ могут быть найдены из решения системы нелинейных уравнений [18]:

$$C * \left(E + \sum_{k=1}^r \frac{1}{k!} A(\theta)^k * t^k \right) X_0 = Y_j^{ex}, j = 1, p \tag{18}$$

Решим обратную задачу фармакокинетики, т.е. найдем значение параметра θ при $T = 0.5$ и известном значении $Y_1^{ex} = 1.5644$.

Решим нелинейное уравнение $X_1(\theta, 0.5) = 1.5644$ методом дихотомии [19]. Для этого введем обозначение $f(\theta) = X_1(\theta, 0.5) - 1.5644$.

В таблице приведены результаты расчетов.

№	θ_1	θ_2	$\theta_3 = (\theta_2 + \theta_1)/2$	$\theta_2 - \theta_1$	$f(\theta_3)$
1	0.1000	0.7000	0.4000	0.6000	-0.0730
2	0.4000	0.7000	0.5500	0.3000	0.0453
3	0.4000	0.5500	0.4750	0.1500	-0.0127
4	0.4750	0.5500	0.5125	0.0750	0.0166
5	0.4750	0.5125	0.4937	0.0375	0.0020
6	0.4750	0.4937	0.4844	0.0187	-0.0054
7	0.4844	0.4937	0.4891	0.0094	-0.0017
8	0.4891	0.4937	0.4914	0.0047	0.0001
9	0.4891	0.4914	0.4902	0.0023	-0.00007
10	0.4902	0.4914	0.4908	0.0012	-0.00003

Результаты расчетов показали быструю сходимость к искомому значению $\theta=0.5$ уже на 10-й итерации с точностью 0.001

Выводы. Исследована n-камерная фармакокинетическая модель, описываемая обыкновенными дифференциальными уравнениями. На основе сведения рассматриваемой модели к интегральному уравнению Вольтерра второго рода получен аналитический вид его решения. На основе применения компьютерной алгебры разработан конструктивный алгоритм построения аналитического решения фармакокинетической модели, зависящий от параметров и

времени. Разработано программное обеспечение на MatLab [20-21]. Эффективность предложенного алгоритма продемонстрирована на модельной задаче: решение полученное методом Рунге-Кутты и аналитическое решение (25) совпадает с точностью 0.001.

Работа выполнена за счет средств НИИ математики и механики при КазНУ имени аль-Фараби и грантового финансирования научных исследований на 2023-2025 годы по проекту AP19678157 «Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга состояния уровня заполняемости водоёма».

Литература

1. Сергиенко В. И., Джеллифф Р., Бондарева И. Б. Прикладная фармакокинетика: основные положения и клиническое применение. - М.: Изд-во РАМН.- 2003. - 208 с.
2. Lin H.H., Beck C., Bloom M. Multivariable l_p control of anesthesia delivery during surgery// Proceedings of the American Control Conference. - 2008. - pp. 825-831.
3. Grevel J., Whiting B. The relevance of pharmacokinetics to optimal intravenous anesthesia // Anesthesiology. - 1987. - Vol. 66. No.1. - pp. 1-2.
4. Brain-Gut and Research Group Pharmacokinetics study. Available at <http://www.braingut.com>
5. Krüger-Thiemer E. Continuous intravenous infusion and multicompartment accumulation // European Journal of Pharmacology. - 1968. - Vol. 4. No. 3. - pp. 317-324.
6. Shafer S.L., Gregg K.M. Algorithms to rapidly achieve and maintain stable drug concentrations at the site of drug effect with a computer-controlled infusion pump //Journal Pharmacokinetics and Biopharmacokinetics. - 1992. - Vol. 20. No. 2. - pp.147-162.
7. Самура Б.А., Дралкин А.В. Фармакокинетика. - Харьков: Основа, 1996. - 288 с.
8. Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. Биокинетика: Практический курс. - М.: ФАИР-Пресс.- 1999. - 720 с.
9. Сейдж Э.П. Идентификация систем управления. - М.: Наука.- 1974. - 248 с.
10. Бондарева И.Б. Математическое моделирование в фармакокинетике и фармакодинамике // Дис. доктора биологических наук по специальности 14.00.25+05.13.1.- Москва.- 2001. - 372 с.
11. Петько В.И. Методы идентификации нелинейных динамических объектов. - Минск: Беларуская навука.- 2016. - 139 с.
12. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. - М.: Наука.- 1974. - 331 с.
13. Хайрер Э, Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Жесткие и дифференциально-алгебраические задачи. - М.: Мир.- 1999. - 685 с.
14. Urmashev V.A., Tursynbay A.T., Temirbekov A.N., Amantayeva A.B. Solving the Reverse Problems of Pharmacokinetics for a Linear Two-Compartment Model with Absorption. The IEEE 12th International Conference Application of Information and Communication Technologies. - Almaty.- Kazakhstan, 2018. - pp. 33-39.
15. Буданов В.В., Ломова Т. Н., Рыбкин В. В. Химическая кинетика. - СПб.: Изд-во Лань.- 2014. - 288 с.
16. Васильев А.Б., Тихонов Н.А., Интегральные уравнения. - М.: МГУ.- 1989. - 156 с.
17. Верлань А.Ф., Сизиков В.С. Интегральные уравнения: методы, алгоритмы, программы. - Киев: Наукова Думка.- 1986. - 544 с.
18. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. - М.: Наука.- 1988. - 552 с.
19. Измаилов А.Ф., Солодов М.В. - Численные методы оптимизации. - М.: Физматлит.- 2005. - 304 с.
20. Аладьев В.З., Бойко В.К., Ровба Е.А. Программирование и разработка приложений в Maple. Гродно:

ГрГУ; Таллинн: Межд. Акад. Ноосферы.- 2007. - 458 с.

21. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в Matlab. - СПб.: Питер: Изд. группа BHV.- 2005-512 с.

References

1. Sergienko V.I., Jelliff R., Bondareva I.B. Applied Pharmacokinetics: Fundamentals and Clinical Applications. - M.: Publishing House of the Russian Academy of Medical Sciences.- 2003. - 208 p.
2. Lin H.H., Beck C., Bloom M. Multivariable l_p control of anesthesia delivery during surgery// Proceedings of the American Control Conference.- 2008. - Pp. 825-831.
3. Grevel J., Whiting B. The relevance of pharmacokinetics to optimal intravenous anesthesia // Anesthesiology. - 1987. - Vol. 66. No. 1. - pp. 1-2.
4. Brain-Gut and Research Group Pharmacokinetics study. Available at <http://www.braingut.com>
5. Krüger-Thiemer E. Continuous intravenous infusion and multicompartment accumulation // European Journal of Pharmacology. - 1968. - Vol. 4. No. 3. - pp. 317-324.
6. Shafer S.L., Gregg K.M. Algorithms to rapidly achieve and maintain stable drug concentrations at the site of drug effect with a computer-controlled infusion pump // Journal Pharmacokinetics and Biopharmacokinetics. - 1992. - Vol. 20. No. 2. - pp. 147-162.
7. Samura B.A., Dralkin A.V. Pharmacokinetics. - Kharkov: Osnova.- 1996. - 288 p.
8. Varfolomeev S.D., Gurevich K.G. Biokinetics: A practical course. - M.: FAIR-Press.- 1999. - 720 p.
9. Sage E.P. Identification of control systems. - M.: Nauka.- 1974. - 248 p.
10. Bondareva I.B. Mathematical modeling in pharmacokinetics and pharmacodynamics // Dis. Doctor of Biological Sciences, specialty 14.00.25+05.13.1.- Moscow.-2001. - 372 p.
11. Petko V.I. Methods for identification of non-linear dynamic objects. - Minsk: Belarusian Science.- 2016. - 139 p.
12. Pontryagin L.S. Ordinary differential equations. - M.: Nauka.- 1974. - 331 p.
13. Hairer E, Wanner G. Solution of ordinary differential equations. Rigid and differential-algebraic problems. - M.: Mir.- 1999. - 685 p.
14. Urmashev B.A., Tursynbay A.T., Temirbekov A.N., Amantayeva A.B. Solving the Reverse Problems of Pharmacokinetics for a Linear Two-Compartment Model with Absorption. The IEEE 12th International Conference Application of Information and Communication Technologies. - Almaty.- Kazakhstan.- 2018. - pp. 33-39.
15. V.V. Budanov, T.N. Lomova and V.V. Rybkin, Chemical Kinetics. - St. Petersburg: Publishing House Lan.- 2014. - 288 p.
16. A. B. Vasil'ev and N. A. Tikhonov, Integral Equations. - M.: MGU.- 1989. -156 p.
17. Verlan A.F., Sizikov V.S. Integral equations: methods, algorithms, programs. - Kyiv: Naukova Dumka.- 1986. - 544 p.
18. Vasiliev F.P. Numerical methods for solving extreme problems. - M.: Nauka.- 1988. - 552 p.
19. Izmailov A.F., Solodov M.V. - Numerical optimization methods. - M.: Fizmatlit.- 2005. - 304 p.
20. Aladiev V.Z., Boyko V.K., Rovba E.A. Programming and application development in Maple. Grodno: GrSU; Tallinn: Intl. Acad. Noospheres.- 2007. - 458 p.
21. Lazarev Yu. Modeling of processes and systems in Matlab. - St. Petersburg: Peter: Ed. BHV group, 2005. - 512 p.

Сведения об авторах

Мазакова А.Т.- докторант Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: aigerym97@mail.ru;

Турсынбай А.Т. - докторант Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казах-

стан, e-mail: turaiatau@gmail.com;

Кенжебаева А.Ж. - докторант Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: aiymgul_92@bk.ru;

Мазакон Т.Ж. - доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ математики и механики при КазНУ имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: mazakov@mail.ru;

Джомартова Ш.А. - доктор технических наук, доцент Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: jomartova@mail.ru;

Зиятбекова Г.З. - PhD, и.о. доцента Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: ziyatbekova@mail.ru.

Information about the authors

Mazakova A.T. - doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aigerym97@mail.ru;

Tursynbay A.T. - doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: turaiatau@gmail.com;

Kenzhebayeva A.Zh. - doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: iymgul_92@bk.ru;

Mazakov T.Zh. - Al-Farabi Kazakh National University, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, Almaty, Kazakhstan, Chief Researcher of the Research Institute of Mathematics and Mechanics at Al-Farabi KazNU, e-mail: mazakov@mail.ru;

Jomartova Sh.A. - Al-Farabi Kazakh National University, doctor of technical sciences, ass.professor, Almaty, Kazakhstan, jomartova@mail.ru;

Ziyatbekova G.Z. - PhD, Acting Associate Professor Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: ziyatbekova@mail.ru.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЛОЕВОЙ ГАЗИФИКАЦИИ САРЫАДЫРСКОГО УГЛЯ

Н.У Нурғалиев*, А.Ж.Хамит, Э.Б. Жунусова, Х.Б. Омаров, А.А.Ахаева, А.К. Жумабекова,
А.И. Иварай

Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана, Казахстан,
nurgaliev_nao@mail.ru

В статье проведено моделирование процесса получения синтетического газа из Сарыадырского угля (пласт «Пятиметровый») при паро-воздушном и паро-кислородном дутьях. Для расчета разработано специальное программное обеспечение, позволяющее при заданных значениях количества газовых реагентов и объемных соотношений H_2/CO определять основные химико-технологические параметры получаемого газа. Расчет проводили таким образом, чтобы в модельном газе, полученном из угля, объемные соотношения H_2/CO составляли от 1:1 до 2:1, так как обычно такие соотношения используют в органическом синтезе для получения различных углеводородных продуктов. Для получения соответствующих соотношений H_2/CO проводили варьирование подачи водяного пара, воздуха или кислорода. В результате проведения моделирования изучено влияние газовых реагентов на элементный состав и выход газа, коэффициент полезного действия газификации, теплотворную способность газа. Полученные результаты представляют определенный практический интерес для оптимизации процесса слоевой газификации угля для использования его в качестве генераторного газа (CO , H_2 , C_nH_m) или синтез-газа (CO , H_2).

Ключевые слова: уголь, слоевая газификация, газ, паро-воздушное дутье, паро-кислородное дутье, горючие компоненты, объемное соотношение H_2/CO

САРЫАДЫР КӨМІРІН ҚАБАТТЫ ГАЗДАНДЫРУ ҮРДІСІМЕН МОДЕЛЬДЕУ

Н.У.Нурғалиев*, А.Ж. Хамит, Э.Б.Жунусова, Х.Б.Омаров, А.А.Ахаева, А.К. Жумабекова,
А.И. Иварай

Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан
nurgaliev_nao@mail.ru

Мақалада бу-ауа және бу-оттегі үрлеу арқылы Сарыадыр көмірінен синтетикалық газды ("бес метрлік" қабат) алу модельдеу үрдісінде жүргізілді. Есептеу үшін газ реагенттері санының және H_2/CO көлемдік арақатынасының берілген мәндері кезінде алынатын газдың негізгі химика-технологиялық параметрлерін анықтауға мүмкіндік беретін арнайы бағдарламалық қамтамасыз ету әзірленді. Есептеу көмірден алынған модельдік газда H_2/CO көлемдік қатынасы 1:1-ден 2:1-ге дейін болатындай етіп жүргізілді, өйткені әдетте мұндай қатынастар әртүрлі көмірсутек өнімдерін алу үшін органикалық синтезде қолданылады. Тиісті H_2/CO арақатынасын алу үшін су буының, ауаның немесе оттегінің берілуі әр түрлі болды. Модельдеу нәтижесінде газ реагенттерінің газдың элементтік құрамы мен шығуына әсері, газдандырудың пайдалы әсер ету коэффициенті, газдың калориялық мәні зерттелді. Алынған нәтижелер көмірді генераторлық газ ретінде пайдалану үшін қабатты газдандыру процесін оңтайландыру үшін белгілі бір практикалық қызығушылық тудырады (CO , H_2 , C_nH_m) немесе синтез газы (CO , H_2).

Түйінді сөздер: көмір, қабатты газдандыру, газ, бу-ауа үрлеуі, бу-оттегі үрлеуі, жанғыш компоненттер, H_2/CO көлемдік қатынасы

SIMULATION OF THE PROCESS OF LAYERED GASIFICATION SARYADYR COAL

N.U. Nurgaliyev*, A.Zh.Khamit, E.B.Zhunusova, Kh.B.Omarov, A.A.Akhaeva, A.K. Zhumabekova,
A.I. Ivaray

The article simulates the process of obtaining synthetic gas from Saryadyr coal (Pyatimetrovy seam) with steam-air and steam-oxygen blasts. Special software has been developed for the calculation, which makes it possible to determine the main chemical and technological parameters of the resulting gas for given values of the amount of gas reagents and volumetric ratios of H_2/CO . The calculation was carried out in such a way that in the model gas obtained from coal, the volume ratios of H_2/CO were from 1:1 to 2:1, since such ratios are usually used in organic synthesis to obtain various hydrocarbon products. To obtain the appropriate H_2/CO ratios, the supply of water vapor, air, or oxygen was varied. As a result of the simulation, the influence of gas reagents on the elemental composition and gas yield, the efficiency of gasification, and the calorific value of the gas were studied. The results obtained are of certain practical interest for optimizing the process of layered coal gasification for its use as a generator gas (CO , H_2 , C_nH_m) or synthesis gas (CO , H_2).

Keywords: coal, layered gasification, gas, steam-air blast, steam-oxygen blast, combustible components, H_2/CO volume ratio

Введение. В настоящее время перспективным в области глубокой переработки угля является процесс газификации с получением газа, пригодного для использования в качестве генераторного газа (CO , H_2 , C_nH_m) или синтез-газа (CO , H_2). Генераторный газ используют для получения тепловой и электрической энергии, а синтез-газ может быть сырьем для производства моторных топлив и ценных химических продуктов. Это позволяет увеличить эффективность использования первичной энергии твердых топлив по сравнению с процессом прямого сжигания [1].

Анализ конструктивных особенностей и принципов действия современных газификаторов показал, что их удельную производительность можно повысить, используя следующие способы, основанные на интенсификации процессов тепло- и массообмена [2]:

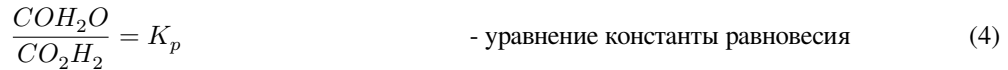
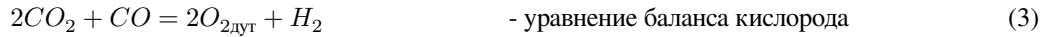
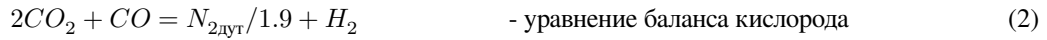
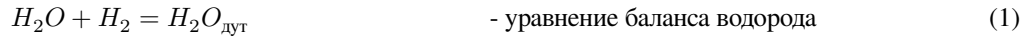
- повышение расхода дутья (увеличение скорости потока);
- уменьшение размера частиц, увеличение реакционной поверхности топлива;
- изменение состава дутья, использование кислорода, паро-воздушных смесей в качестве газифицирующего агента.

Характерной особенностью современных методов разработки новых процессов газификации является широкое применение математического моделирования для проведения численных экспериментов, как на стадии проектирования с целью сокращения сроков внедрения процессов, так и на стадии эксплуатации для оптимизации технологических режимов [3].

Созданию моделей газификации и горения твердых частиц посвящены работы [4–13], в которых описываются стационарные и нестационарные модели тепло- и массопереноса в газификаторе, физико-химические процессы в окислительной и восстановительной зонах газификатора и методы их интенсификации. Расчетные модели газификации позволяют повысить производительность процесса и калорийность газа. При этом, состав и калорийность газа варьируются в зависимости от типа газификатора, свойств угля и применяемого газового дутья (пар, воздух, кислород и т.д.).

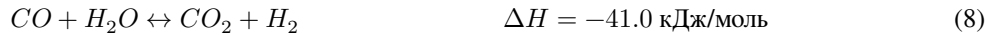
Целью данной работы является расчет процесса слоевой газификации угля месторождения «Сарыадыр» (пласт «Пятиметровый») (Казахстан) с использованием паро-воздушного (ПВ) и парокислородного (ПК) дутья.

Материалы и методы. Среди различных методов расчета был выбран метод Н.Н. Доброхотова [14], который используется при расчетах газификации каменных и бурых углей, и впоследствии усовершенствовался [15]. В этом методе расчет ведется отдельно по обеим стадиям: стадии сухого разложения без доступа воздуха (в верхней части газификатора) и основного процесса газификации (в нижней части газификатора). При расчете, исходя из практических данных, задаются распределением содержащихся в топливе элементов (C , O , H_2) между компонентами газа (CO , H_2 , CH_4 , CO_2 , H_2O и др.). Для определения количества каждого из этих компонентов решают следующую систему уравнений (для стадии газификации) [14]:



где n_C - количество углерода (моль), поступившего в зону газификации из зоны сухого разложения; $H_2O_{\text{дуть}}$ - количество водяного пара (моль), введенного с дутьем; $N_{2/1,9}$ - количество кислорода, введенного с воздухом для паровоздушного дутья (моль); $O_{\text{дуть}}$ - количество кислорода, введенного с дутьем для парокислородного дутья (моль); K_p - значение константы равновесия в температурных условиях реакционной зоны.

При данном расчете газификации угля используют основные уравнения реакций [2]:



Константу равновесия K_p из уравнения (5) определяют по формуле:

$$\lg K_p = \left(-\frac{2203.24}{T} \right) - 5.1588 \cdot 10^{-5}T - 2.5426 \cdot 10^{-7}T^2 + 7.461 \cdot 10^{-11}T^3 + 2.3 \quad (12)$$

Теплотворная способность газа Q_r и коэффициент полезного действия газификации (КПД) η_r рассчитывают по известным формулам [14]:

$$Q_r = 0.01(n_{CO}Q_{CO} + n_{H_2}Q_{H_2} + n_{CH_4}Q_{CH_4} + n_{H_2S}Q_{H_2S}) \quad (13)$$

$$\eta_r = \frac{V_r Q_r}{V_y Q_y} \quad (14)$$

где $n_{CO}, n_{CH_2}, n_{CH_4}, n_{H_2S}$ - концентрации компонентов CO, H_2, CH_4, H_2S (об.%) в газе; $Q_{CO}, Q_{H_2}, Q_{CH_4}, Q_{H_2S}$ - соответственно теплотворные способности компонентов CO, H_2, CH_4, H_2S (кДж/м³); V_r - общее количество газа (м³); Q_r и Q_y - теплотворные способности газа (кДж/м³) и угля (кДж/кг); V_y - количество газифицируемого угля (кг).

Для реализации расчета по вышеуказанной методике с учетом уравнений (1)–(14) **использовали компьютерную программу MathCAD**. Для определения оптимальных параметров процесса газификации заданы массивы значений количества вдуваемых в газификатор водяного пара и воздуха. При

этом, количество пара при расчете подбиралось таким образом, чтобы объемные соотношения H_2/CO в газе составляли от 1 до 2. Такие соотношения обычно используют в органическом синтезе для получения различных углеводородов (альдегидов, метанола или алифатических углеводородов и др.).

Исходными данными программы являются:

- 1) масса загружаемого топлива (кг);
- 2) температура процесса газификации (К);
- 3) содержание в топливе углерода, кислорода, водорода, азота, серы, воды и золы (масс. %);
- 4) количество уноса углерода в процессе газифи-

кации (масс. %);

5) доля перехода кислорода топлива в водяной пар (масс. %);

6) доля перехода кислорода топлива в углекислый газ CO_2 (масс. %);

7) доля перехода водорода топлива в метан CH_4 (масс. %);

8) доля перехода водорода топлива в этилен и эквивалентное ему количество углеводорода C_2H_4 и C_nH_m (масс. %);

9) доля перехода серы топлива в газ в виде H_2S (масс. %);

10) доля перехода углерода топлива в золу (масс. %);

11) степень разложения водяного пара для расчета константы равновесия K_p (%);

12) массив значений количества вдуваемого в газификатор водяного пара (масс. % от веса угля);

13) массив значений коэффициентов по воздушному дутью (отношение C/N_2) или кислородному дутью (C/O_2), характеризующих количество сгорающего углерода;

14) количество значений параметров из пунктов 12), 13).

Технологические параметры, указанные в пунктах 2), 10), 12), уточняются, исходя из экспериментальных данных [16, 17]. Алгоритм программирования при задании массивов значений в пунктах 12), 13) следующий:

- при наличии n определяемых параметров по m значений с помощью задания операторов цикла осуществляется m^n различных комбинаций расчетов между всеми параметрами цикла от 1 до m ;
- среди множества полученных результатов расчета фиксируются и отбираются те рабочие параметры, при которых объемные соотношения H_2/CO в газе

составляют от 1 до 2.

Таким образом, результатами расчета процесса газификации угля являются: W_v - расход воздуха, вдуваемого в газификатор (на 1 кг угля), $\text{м}^3/\text{кг}$; W_k - расход кислорода, вдуваемого в газификатор (на 1 кг угля), $\text{м}^3/\text{кг}$; W_p - расход водяного пара, вдуваемого в газификатор (на 1 кг угля), $\text{кг}/\text{кг}$; T - температура газификации, K ; $V_{\text{вл}}$, $V_{\text{сух}}$ - соответственно выход влажного и сухого газов, об. %; n - общая концентрация основных горючих компонентов сухого газа (CO , H_2 , CH_4), об. %; $n_{\text{вл}}$, $n_{\text{сух}}$ - концентрации компонентов влажного и сухого газов соответственно; Q_g - теплотворная способность газа, $\text{кДж}/\text{м}^3$; η_r - коэффициент полезного действия газификации, %;

Технический и элементный анализы угля проводили на термогравиметрическом анализаторе Eltra Thermostep (согласно ASTM D7582-12 «Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis») и элементном анализаторе «EURO EA3000».

Результаты и обсуждение. Характеристика Сарыадырского угля (пласт «Пятиметровый») и результаты программного расчета приведены в таблицах 1–3 и рисунках 1–2. Выбор оптимальных расходов воздуха ($1,912 \text{ м}^3/\text{кг}$) и кислорода ($0,574 \text{ м}^3/\text{кг}$) обусловлен наибольшим выходом компонентов CO , H_2 , CH_4 ($\text{м}^3/\text{кг}$).

Полученные данные показывают, что увеличение расхода водяного пара при ПВ-дутье и ПК-дутье в достаточно широком диапазоне (от 0,63 до 1,7 кг) приводит (для сухого газа) к существенному уменьшению концентрации CO (об. %), повышению объемного содержания H_2 и CO_2 в газе и объемного соотношения H_2/CO (от 1 до 2). Такое влияние H_2O происходит в случае протекания реакции водяного газа (9), что непосредственно отражается на некотором уменьшении общей концентрации горючих компонентов газа (CO , H_2 , CH_4), и соответственно на снижении калорийности газа и КПД газификации.

Таблица 1 - Характеристика газифицируемого угля

Уголь	Состав угля (на рабочую массу), %								Q_y , кДж/кг	
	W^r	A^r	V^{daf}	C^r	O^r	H^r	N^r	S^r	$Q_{\text{высш}}$	$Q_{\text{низш}}$
Сарыадыр («Пятиметровый»)	2,56	19,71	50,54	64,73	7,55	4,29	0,77	0,39	25556	24413

Таблица 2 - Варианты ведения процесса газификации угля Сарыадырского месторождения (пласт «Пятиметровый») при паро-воздушном дутье

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Wв, м³/кг	1,912	1,912	1,912	1,912	1,912	1,912	1,912	1,912	1,912	1,912	1,912	1,912
Wп, кг/кг	0,630	0,700	0,800	0,900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,500	1,600	1,700
T, К	1173	1173	1173	1173	1173	1173	1173	1173	1173	1173	1173	1173
Vвл,м³/кг	3,732	3,819	3,944	4,068	4,192	4,317	4,441	4,566	4,690	4,815	4,939	5,064
Vсух,м³/кг	3,335	3,361	3,393	3,422	3,448	3,471	3,492	3,512	3,530	3,546	3,561	3,575
H2/CO	1,004	1,079	1,184	1,286	1,386	1,485	1,582	1,677	1,771	1,863	1,955	2,045
п, об. %	44,72	44,38	43,97	43,59	43,27	42,97	42,71	42,47	42,25	42,06	41,89	41,72
	пвл/псух											
CO2	8,38 9,38	8,85 10,06	9,40 10,92	9,82 11,67	10,14 12,33	10,39 12,92	10,58 13,45	10,72 13,93	10,81 14,37	10,87 14,76	10,91 15,13	10,92 15,46
CH4	2,25 2,52	2,20 2,50	2,13 2,48	2,07 2,46	2,01 2,44	1,95 2,42	1,89 2,41	1,84 2,39	1,79 2,38	1,75 2,37	1,70 2,36	1,66 2,35
CO	18,82 21,05	17,72 20,14	16,34 19,00	15,13 17,99	14,07 17,11	13,12 16,32	12,28 15,61	11,52 14,97	10,83 14,39	10,21 13,86	9,64 13,38	9,13 12,93
H2S	0,06 0,07	0,06 0,06	0,06 0,06	0,05 0,06	0,05 0,06	0,05 0,06	0,05 0,06	0,05 0,06	0,05 0,06	0,05 0,06	0,04 0,06	0,04 0,06
H2	18,90 21,15	19,13 21,74	19,35 22,49	19,46 23,14	19,50 23,72	19,48 24,23	19,41 24,69	19,31 25,11	19,18 25,48	19,02 25,83	18,85 26,15	18,67 26,44
N2	40,64 45,47	39,71 45,13	38,46 44,70	37,28 44,32	36,18 43,99	35,13 43,70	34,15 43,43	33,22 43,19	32,34 42,97	31,50 42,77	30,71 42,59	29,95 42,42
H2O	10,63 -	12,01 -	13,96 -	15,88 -	17,76 -	19,59 -	21,37 -	23,09 -	24,75 -	26,35 -	27,90 -	29,39 -
C2H4	0,32 0,36	0,31 0,36	0,30 0,35	0,30 0,35	0,29 0,35	0,28 0,35	0,27 0,34	0,26 0,34	0,26 0,34	0,25 0,34	0,24 0,34	0,24 0,34
Qг, кДж/м³	5858	5800	5727	5663	5607	5557	5512	5471	5434	5401	5370	5341
ηг, %	80,03	79,84	79,59	79,38	79,18	79,00	78,84	78,70	78,56	78,44	78,32	78,22

Таблица 3 - Варианты ведения процесса газификации угля Сарыадырского месторождения (пласт «Пятиметровый») при паро-кислородном дутье

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Wв, м³/кг	0,574	0,574	0,574	0,574	0,574	0,574	0,574	0,574	0,574	0,574	0,574	0,574
Wп, кг/кг	0,630	0,700	0,800	0,900	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,500	1,600	1,700
T, К	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
Vвл,м³/кг	2,221	2,309	2,433	2,557	2,682	2,806	2,931	3,055	3,180	3,304	3,429	3,553
Vсух,м³/кг	1,825	1,850	1,882	1,911	1,937	1,961	1,982	2,001	2,019	2,035	2,051	2,065
H2/CO	1,004	1,079	1,184	1,286	1,386	1,485	1,582	1,677	1,771	1,863	1,955	2,045
п, об. %	81,74	80,63	79,24	78,04	77,00	76,08	75,26	74,53	73,87	73,28	72,74	72,24
	Nвл/псух											
CO2	14,08 17,15	14,65 18,28	15,23 19,68	15,62 20,90	15,86 21,95	15,99 22,88	16,03 23,71	16,01 24,45	15,95 25,12	15,84 25,72	15,71 26,27	15,56 26,77
CH4	3,79 4,61	3,64 4,55	3,46 4,47	3,29 4,40	3,14 4,34	3,00 4,29	2,87 4,24	2,75 4,20	2,64 4,16	2,54 4,13	2,45 4,10	2,37 4,07
CO	31,61 38,48	29,32 36,59	26,49 34,24	24,07 32,21	21,99 30,45	20,18 28,89	18,60 27,51	17,21 26,27	15,98 25,16	14,88 24,15	13,89 23,23	13,01 22,39
H2S	0,10 0,12	0,09 0,12	0,09 0,12	0,09 0,11	0,08 0,11	0,08 0,11	0,07 0,11	0,07 0,11	0,07 0,11	0,07 0,11	0,06 0,11	0,06 0,11
H2	31,75 38,65	31,64 39,49	31,36 40,53	30,96 41,43	30,49 42,21	29,97 42,90	29,42 43,51	28,86 44,06	28,29 44,55	27,72 45,00	27,16 45,41	26,60 45,78
N2	0,28 0,34	0,27 0,33	0,25 0,33	0,24 0,32	0,23 0,32	0,22 0,31	0,21 0,31	0,20 0,31	0,19 0,30	0,19 0,30	0,18 0,30	0,17 0,30
H2O	17,86 -	19,86 -	22,63 -	25,27 -	27,77 -	30,14 -	32,38 -	34,50 -	36,50 -	38,40 -	40,19 -	41,89 -
C2H4	0,54 0,66	0,52 0,65	0,49 0,64	0,47 0,63	0,45 0,62	0,43 0,61	0,41 0,61	0,39 0,60	0,38 0,59	0,36 0,59	0,35 0,59	0,34 0,58
Qг, кДж/м³	10707	10536	10322	10139	9979	9838	9713	9601	9500	9408	9325	9248
ηг, %	80,03	79,84	79,59	79,38	79,18	79,00	78,84	78,70	78,56	78,44	78,32	78,22

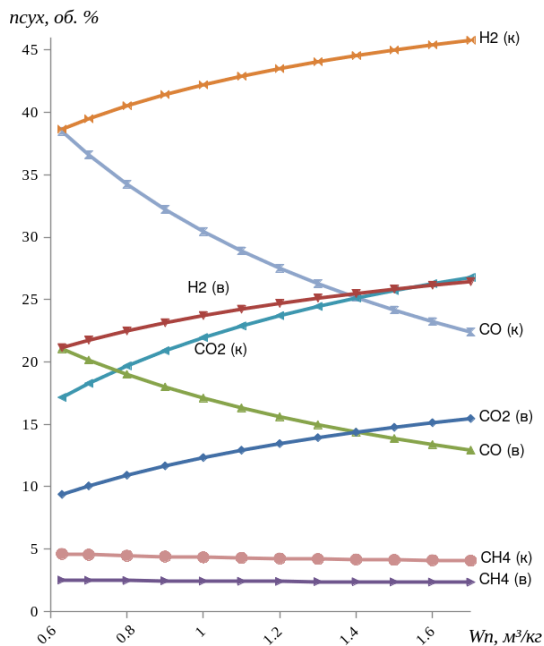


Рис. 1 - Зависимость концентрации компонентов сухого газа $n_{сух}$ от расхода водяного пара

W_p при паро-воздушном и парокислородном дутьях:
 $CO (в), H_2 (в), CH_4 (в), CO_2 (в)$ - компоненты газа при ПВ-дутье;

Как показали расчеты, для получения уже генераторного газа, с наибольшей calorийностью (режим 1 в табл. 2 и 3), необходимо, чтобы расходы паро-воздушного (или паро-кислородного дутья) были наименьшими. Вместе с тем, на практике, нижний предел подачи дутьевой смеси лимитируется необходимостью поддержания определенного температурного режима в газификаторе и ее количество должно быть достаточным для качественного сжигания угля, с минимальными остатками шлака.

При паро-кислородном дутье полученный газ можно использовать как синтез-газ и как генераторный газ. Об этом свидетельствует то, что по сравнению с паро-паро-воздушным дутьем, концентрация горючих компонентов (CO, H_2, CH_4) и соответственно calorийность газа при ПК-дутье существенно выше (от 1,83 до 1,73 раза на всем интервале изменения соотношения H_2/CO), что обусловлено отсутствием балластного газа N_2 и окисляющим действием кислорода, согласно уравнению (12). Отсутствие N_2 облегчает условия дальнейшего использования полученного газа. Однако при ПК-дутье концентрация CO_2 в сухом газе в 1,73-1,83 раза выше по сравнению с ПВ-дутьем, ввиду протекания реакции (6).

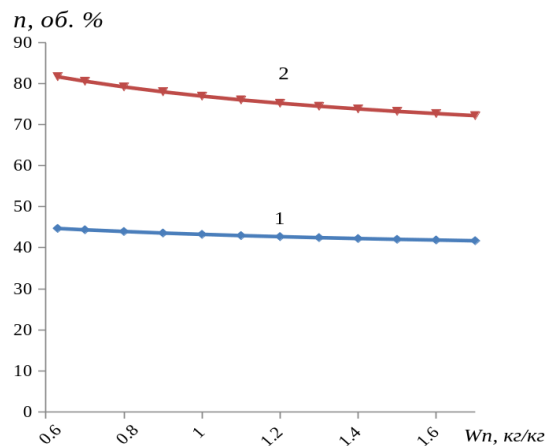


Рис. 2 - Зависимость общей концентрации горючих компонентов сухого газа n от расхода водяного пара W_p при паро-воздушном и паро-кислородном дутьях:

1 - ПВ-дутье; 2 - ПК-дутье.

Выход сухого газа при ПВ-дутье (3,335-3,575 m^3/kg) значительно превышает по сравнению с аналогичным параметром при ПК-дутье (1,825-2,065 m^3/kg), из-за большого содержания N_2 . Вместе с тем, КПД для обоих видов дутья составляют одинаковые значения, так как более низкий выход сухого газа при ПК-дутье одинаково компенсирует его более высокая calorийность, в соответствии с формулой (14).

Повышенные концентрации N_2, CO_2, H_2O в газе увеличивают нагрузку на газоочистку для дальнейшей переработки в целевые продукты. Указанные недостатки при получении газа в газификаторах частично устраняют повышением температуры водяного пара (свыше 300°C), что способствует более благоприятному протеканию деструктивных процессов разложения угля.

Выводы. В данной работе, особенностью проведенного компьютерного расчета процесса слоевой газификации угля является возможность определения основных химико-технологических характеристик газа с заданными объемными соотношениями H_2/CO . Полученные результаты представляют определенный практический интерес для проектирова-

ния слоевых газификаторов, прогнозирования оптимальных параметров процесса с целью получения синтетического газа для его дальнейшего использования при планировании синтеза углеводов или в качестве энергоносителя.

Литература

1. Кузнецов В.А. Исследование воздушно-плазменной газификации биомассы по обращенной схеме. Дис. ... канд. техн. наук. СПб.: ИЭЭ РАН.- 2011.
2. Гроо А.А. Интенсификация процессов тепломассообмена при слоевой газификации угля с использованием обратного дутья. Дис. ... канд. тех. наук. Новосибирск: РАН СОИТ.- 2007.
3. Тимербаев, Н.Ф. Сафин Р.Г., Хисамеева А.Р. Моделирование процесса сушки древесных частиц при кондуктивном подводе тепла // Вестник Казан. технол. ун-та. 2011.- Т. 14. № 4. -стр.84-88.
4. Lu X., Wang T. Water-gas shift modeling in coal gasification in an entrained-flow gasifier, Part 1: Development of methodology and model calibration, Fuel.- 2013. - Vol. 108. - pp.629-638. <http://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.02.023>.
5. Fan J., Zhang Z., An Q., Lou T. Investigation on the aerodynamic field distribution in an entrained-flow gasifier by two-stage oxygen, Industrial and Engineering Chemistry Research.- 2012. - Vol. 51, No. 38. - pp.12488-12496. <http://doi.org/10.1021/ie202444h>.
6. Kangcheng Wang, Jie Zhang, Dexian Huang. Online temperature estimation of Shell coal gasification process based on extended Kalman filter, *Chinese Journal of Chemical Engineering*.- 2022. - Vol. 47. - pp.134-144. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2021.07.030>.
7. Кузоватов И.А., Гроо А.А., Степанов С.Г. Численное моделирование физико-химических процессов в слоевом газификаторе, Вычислительные технологии, 2005. - Том. 10. No. 5. - стр.39-48. <http://www.ict.nsc.ru/jct/getfile.php?id=767>.
8. Lei Wang, Jianliang Xu, Juntao Wei, Qinghua Guo, Yan Gong, Guangsuo Yu. Numerical simulation of radiant syngas cooler with different connection to entrained-flow gasifier, *Applied Thermal Engineering*.-2022.- Vol.201,Part A, 117804. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.-2021.-117804>.
9. Саломатов Б.Б. Аналитическое исследование горения угольной частицы, Ползуновский вестник.- 2004. - №. 1. - стр. 36-45.
10. Lijun Wang, Xiaocheng Du, Junqi Chen, Zhonggang Wu. Numerical study on characteristics of biomass oxygen enriched gasification in the new gasifier on an experimental basis, *Renewable Energy*.- 2021. - Vol. 179. - pp.815-827. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.07.098>.
11. Efimov N.N., Belov A.A., Shaforost D.A., Fedorova N.V., Pryatkina V.S. The Mathematical Model of the Coal Gasification Process in a Flow, *Modern Applied Science*, 2015. - Vol. 9, No. 2. - P.223-227. <http://doi.org/10.5539/mas.v9n2p223>.
12. Kuo Lin, Zhongjie Shen, Qinfeng Liang, Jianliang Xu, Haifeng Liu. Modelling study of characteristics of heat transfer and structural optimization of refractory layer in an entrained-flow gasifier, *Applied Thermal Engineering*, 2020. - Vol. 168, 114830. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114830>.
13. Neng Fang, Lingyan Zeng, Bin Zhang, Zhengqi Li, Haopeng Wang, Xiaoying Liu (2019) Numerical simulation of flow and gasification characteristics with different swirl vane angles in a 2000 t/d GSP gasifier, *Applied Thermal Engineering*, 2019. - Vol. 153. - P.791-799. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.03.006>.
14. Бесков С.Д. Техно-химические расчеты. М.: Высшая школа, 1962. -462 с.
15. Зубилин И.Г., Рудыка В.И. Получение синтез-газов для производства экологически чистых моторных топлив: теория и технология. Харьков: Издат. центр Харьков. нац. Университета.-2002. - 313 с.
16. Ермагамбет Б.Т., Нургалиев Н.У., Набиев М.А., Касенова Ж.М., Реминный Р.А., Букетаев А.С. Исследование процесса паро-воздушной газификации углей различных месторождений Казахстана // Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. -2014. Ч. 2. № 6.- стр. 355-359.

17. Набиев М.А., Ермагамбет Б.Т., Нурғалиев Н.У., Касенова Ж.М, Реминный Р.А. Получение синтетического газа из угля // Промышленность Казахстана.- 2014. - № 6.- стр. 68-71.

References

1. Kuznetsov V.A. Study of air-plasma gasification of biomass according to the inverted scheme. Dis. ... cand. tech. Sciences. St. Petersburg: IEE RAS.- 2011.
2. Groo, A.A. Intensification of heat and mass transfer processes in layered coal gasification using reverse blast. Dis. ... cand. those. Sciences. Novosibirsk: RAN SOIT. - 2007.
3. Timerbaev, N.F. Safin R.G., Khisameeva A.R. Simulation of the drying process of wood particles with conductive heat supply. Vestnik Kazan. technol. university 2011. Vol. 14. No. 4.-pp. 84-88.
4. Lu X., Wang T. Water-gas shift modeling in coal gasification in an entrained-flow gasifier, Part 1: Development of methodology and model calibration, Fuel, 2013. - Vol. 108. - P.629-638. <http://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.02.023>.
5. Fan J., Zhang Z., An Q., Lou T. Investigation on the aerodynamic field distribution in an entrained-flow gasifier by two-stage oxygen, Industrial and Engineering Chemistry Research, 2012. - Vol. 51, No. 38. -pp.12488-12496. <http://doi.org/10.1021/ie202444h>.
6. Kangcheng Wang, Jie Zhang, Dexian Huang. Online temperature estimation of Shell coal gasification process based on extended Kalman filter, Chinese Journal of Chemical Engineering, 2022. - Vol. 47. - pp.134-144. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2021.07.030>.
7. Kuzovatov I.A., Groo A.A., Stepanov S.G. Numerical modeling of physical and chemical processes in a layered gasifier, Computational technologies, 2005. - Vol. 10. No. 5. - P.39-48. <http://www.ict.nsc.ru/jct/getfile.php?id=767>.
8. Lei Wang, Jianliang Xu, Juntao Wei, Qinghua Guo, Yan Gong, Guangsuo Yu. Numerical simulation of radiant syngas cooler with different connection to entrained-flow gasifier, Applied Thermal Engineering, 2022.- Vol. 201. Part A. 117804. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.117804>.
9. Analytical study of the combustion of a coal particle, Polzunovskiy Vestnik, 2004. - No. 1. - pp.36-45.
10. Lijun Wang, Xiaocheng Du, Junqi Chen, Zhonggang Wu. Numerical study on characteristics of biomass oxygen enriched gasification in the new gasifier on an experimental basis, Renewable Energy, 2021. - Vol. 179. - pp.815-827. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.07.098>.
11. Efimov N.N., Belov A.A., Shaforost D.A., Fedorova N.V., Pryatkina V.S. The Mathematical Model of the Coal Gasification Process in a Flow. Modern Applied Science, 2015. - Vol. 9, No. 2. - pp.223-227. <http://doi.org/10.5539/mas.v9n2p223>.
12. Kuo Lin, Zhongjie Shen, Qinfeng Liang, Jianliang Xu, Haifeng Liu. Modelling study of characteristics of heat transfer and structural optimization of refractory layer in an entrained-flow gasifier, Applied Thermal Engineering, 2020. - Vol. 168, 114830. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114830>.
13. Neng Fang, Lingyan Zeng, Bin Zhang, Zhengqi Li, Haopeng Wang, Xiaoying Liu (2019) Numerical simulation of flow and gasification characteristics with different swirl vane angles in a 2000 t/d GSP gasifier, Applied Thermal Engineering, 2019. - Vol. 153. - pp.791-799. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.03.006>.
14. Beskov S.D. Techno-chemical calculations. Moscow: Higher school, 1962.
15. Zubilin I.G., Rudyka V.I. Obtaining synthesis gases for the production of environmentally friendly motor fuels: theory and technology. Kharkov: Publishing house. center Kharkov. nat. University. - 2002.
16. Ermagambet B.T., Nurgaliev N.U., Nabiev M.A., Kasenova Zh.M., Reminny R.A., Buketaev A.S. Study of the process of steam-air gasification of coals from various deposits of Kazakhstan // Bulletin of the ENU. L.N. Gumilyov. 2014. Part 2. No. 6. - pp. 355-359.
17. Nabiev M.A., Ermagambet B.T., Nurgaliev N.U., Kasenova Zh.M., Reminny R.A. Obtaining synthetic gas from coal // Industry of Kazakhstan. 2014. No. 6. - pp. 68-71.

Сведения об авторах

Нурғалиев Н.У. – кандидат химических наук, асс.профессор, АО «КазУТБ», Астана, Казахстан, e-mail: nurgaliev_nao@mail.ru;

Хамит А.Ж.- магистр, старший преподаватель, АО «КазУТБ», Астана, Казахстан, e-mail: aytolkyn.khamit-76@mail.ru;

Жунусова Э.Б.- кандидат технических наук, асс.профессор, АО «КазУТБ», Астана, Казахстан, e-mail: tahmina.66@mail.ru;

Омаров Х.Б. - доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК, АО «КазУТБ», Астана, Казахстан, e-mail: homarov1963@mail.ru;

Ахаева А.А. - магистр, старший преподаватель, АО «КазУТБ», Астана, Казахстан, e-mail: ainur_akhaeva@mail.ru;

Жумабекова А.К.- кандидат химических наук, асс.профессор, АО «КазУТБ», Астана, Казахстан, e-mail: zhumabekova_ak@mail.ru;

Иварай А.И. - магистр, старший преподаватель, АО «КазУТБ», Астана, Казахстан, e-mail: ivrai_aika79@mail.ru.

Information about the authors

Nurgaliyev N.U. – Candidate of Chemical Science, Associate Professor, KazUTB JSC, Astana, Kazakhstan, e-mail: nurgaliev_nao@mail.ru;

Khamit A.Zh. -Master's degree, senior lecturer, KazUTB JSC, Astana, Kazakhstan, e-mail: aytolkyn.khamit-76@mail.ru;

Zhunussova E.B.-Candidate of technical sciences, Associate Professor, KazUTB JSC, Astana, Kazakhstan, e-mail: tahmina.66@mail.ru;

Omarov K.B. – Doctor of technical sciences, professor, Corresponding member of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan, professor, KazUTB JSC, Astana, Kazakhstan, e-mail:

homarov1963@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2931-652X>;

Akhaeva A.A. Ainur -Master's degree, senior lecturer, KazUTB JSC, Astana, Kazakhstan, e-mail: ainur_akhaeva@mail.ru;

Zhumabekova A.K.- Candidate of chemical sciences, Associate Professor, KazUTB JSC, Astana, Kazakhstan, e-mail: zhumabekova_ak@mail.ru;

Ivaray A.I. - Master's degree, senior lecturer, KazUTB JSC, Astana, Kazakhstan, e-mail: e-mail: ivrai_aika79@mail.ru.

СИНТЕЗ ФИШЕРА-ТРОПША НА ПРОМОТИРОВАННЫХ КОБАЛЬТСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРАХ

Попов А.Ю.

Омский государственный технический университет, Омск, Россия,
popov_a_u@list.ru

В статье методом тройной пропитки получены кобальтовые катализаторы на основе оксида алюминия с использованием промотора диоксида циркония. Проведены испытания на лабораторной установке синтеза Фишера-Тропша, в результате которых изучено влияние температуры ФТ-синтеза, добавок промотора ZrO_2 (3 % масс.) в катализатор и добавок кобальта с 10 до 30 % (масс.) в Со-катализатор на конверсию оксида углерода, выход жидких продуктов C_{5+} , селективность образования углеводородов CH_4 и C_2-C_5 . Определены оптимальные температуры, при которых образуется наибольшее количество углеводородных продуктов. Проведена сравнительная характеристика приготовленных Со-катализаторов на их активность и селективность в отношении образования синтетических углеводородов. Установлено, что промотирование Со-катализатора оксидом циркония (3 % масс.) приводит к существенному повышению выхода C_{5+} и селективности образования углеводородов C_1-C_5 . При сравнении приготовленных Со-катализаторов выявлено, что катализатор с содержанием кобальта 20 % (масс.) является наиболее активным для получения наибольшего выхода углеводородов.

Ключевые слова: синтез-газ, кобальтовые катализаторы, промотор, синтез Фишера-Тропша, конверсия, селективность, углеводороды

ҚҰРАМЫНДА КОБАЛЬТ БАР ПРОМОТОРЛАНҒАН КАТАЛИЗАТОРЛАРДАҒЫ ФИШЕР-ТРОПШ СИНТЕЗІ

Попов А.Ю.

Омск мемлекеттік техникалық университеті, Омск, Ресей,
popov_a_u@list.ru

Мақалада цирконий диоксиді промоторын қолдана отырып, алюминий оксиді негізіндегі кобальт катализаторлары үш есе сіндіру әдісімен алынды. Зерттеулер Фишер-Тропш синтезінің зертханалық қондырғысында жүргізілді, нәтижесінде ФТ-синтез температурасының, ZrO_2 промотор қоспаларының (мас 3%) әсері катализаторға және кобальт қоспаларына 10-нан 30% - ға дейін (масс.) көміртегі оксидін конверсиялауға арналған бірлескен катализаторға, C_{5+} сұйық өнімдерінің шығымы, C_4 және C_2-C_5 көмірсутектерінің түзілу селективтілігіне әсері зерттелді. Көмірсутек өнімдерінің ең көп мөлшері пайда болатын оңтайлы температура анықталды. Синтетикалық көмірсутектердің түзілуіне қатысты олардың белсенділігі мен селективтілігіне дайындалған Со катализаторларының салыстырмалы сипаттамасы жүргізілді. Со - катализаторды цирконий оксидімен (3 % масс.) белсендіру көмірсутектер түзілуінің шығымдылығы C_{5+} мен C_1-C_5 селективтілігінің айтарлықтай артуына әкелетіні анықталды. Дайындалған Со катализаторларды салыстыру кезінде кобальт мөлшері 20 % (масс.) болатын катализатор көмірсутектердің ең көп мөлшерін алу үшін ең белсенді екендігі анықталды.

Түйінді сөздер: синтез-газ, кобальт катализаторлары, промотор, Фишер-Тропш синтезі, конверсия, селективтілік, көмірсутектер.

FISCHER-TROPSCH SYNTHESIS ON PROMOTED COBALT-CONTAINING CATALYSTS

Popov A.Y.

Omsk State Technical University, Omsk, Russian,

popov_a_u@list.ru

In this article, cobalt catalysts based on alumina using a zirconium dioxide promoter were obtained by triple impregnation. Tests were carried out on a laboratory Fischer-Tropsch synthesis unit, as a result of which the influence of the temperature of FT synthesis, the addition of a ZrO₂ promoter (3% wt.) to the catalyst and the addition of cobalt from 10 to 30% (wt.) to the Co-catalyst on the conversion of the oxide was studied. carbon, yield of liquid C₅₊ products, selectivity of formation of hydrocarbons CH₄ and C₂-C₅. The optimal temperatures at which the largest amount of hydrocarbon products are formed have been determined. A comparative characterization of the prepared Co-catalysts was carried out for their activity and selectivity with respect to the formation of synthetic hydrocarbons. It has been established that promotion of the Co-catalyst with zirconium oxide (3 wt.%) leads to a significant increase in the yield of C₅₊ and the selectivity of the formation of C₁-C₅ hydrocarbons. When comparing the prepared Co-catalysts, it was revealed that the catalyst with a cobalt content of 20% (wt.) is the most active for obtaining the highest yield of hydrocarbons.

Keywords: synthesis gas, cobalt catalysts, promoter, Fischer-Tropsch synthesis, conversion, selectivity, hydrocarbons

Введение. Существует общераспространенное мнение, что химическая переработка угля в синтетические моторные топлива придет на смену нефтепереработке по мере истощения запасов нефти. В частности, альтернативой нефтепереработке является газохимия, основанная на химической переработке природного газа, запасы которого, по самым осторожным прогнозам, достаточны на 100-150 лет [1].

Одним из наиболее освоенных в промышленности методов химического превращения органического сырья в топлива является синтез Фишера-Тропша (ФТ-синтез). В последние десятилетия интерес к этому методу значительно возрос в связи с повышением экологических требований, изменением запасов ископаемых энергоносителей и постепенным повышением себестоимости продуктов нефтегазопереработки. В настоящее время в мире (ЮАР, Новая Зеландия, Малайзия, США) по этому методу производят свыше 5 млн тонн углеводородов, моторных топлив и других органических продуктов [2].

Основной целью ФТ-синтеза является создание синтетического заменителя нефти для использования в качестве синтетического смазочного масла или синтетического топлива [3]. В частности, с учетом того, что уголь - наиболее изобильное ископаемое сырье, угольный процесс ФТ-синтеза может найти в ближайшем будущем значительно - более широкое применение, давая не только бензин, но также газойль и топлива нового поколения [4].

Продукты ФТ-синтеза обладают исключительным качеством с точки зрения содержания водорода, однородности молекулы, температуры замерзания, характеристик горения и содержания серы. Эти продукты имеют высокую рыночную стоимость. Углево-

дороды C₅- C₁₀ после изомеризации для повышения октанового числа используются, в основном, в качестве бензинового топлива. Низшие продукты (бутан, пропан) могут также олигомеризоваться в бензин. Тяжелые продукты отправляются на крекинг для получения низкомолекулярных продуктов [5].

Наиболее активными катализаторами синтеза Фишера-Тропша являются Fe, Co, Ni, Ru. В промышленности находят применение исключительно кобальтовые и железные катализаторы, которые отличаются наибольшей активностью в превращении синтез-газа (6).

В последние десятилетия осуществлено большое число исследований в области разработки новых катализаторов ФТ-синтеза [7-10]. При этом, в качестве носителей катализаторов синтеза Фишера-Тропша (особенно кобальтовых) обычно используют индивидуальные оксиды и смешанные оксидные системы, склонные к образованию твердых растворов или шпинельных *структур* (11). Типичными носителями Co-катализаторов являются: силикагель, кизельгур, оксиды алюминия, кремния, титана, магния и циркония, аморфные алюмосиликаты, цеолиты. Природа носителя и его физико-химические характеристики могут оказывать сильное воздействие на активность и селективность контактов. Носитель может также вступать в химическое взаимодействие с металлом, носитель участвует в образовании новых соединений или новых фаз. Сильное взаимодействие металла с носителем может осуществляться по механизму переноса заряда с возникновением частичного положительного заряда на металле [12]. В основном, с увеличением кислотности носителя выход жидких и твердых углеводородов возрастает [13].

Таблица 1 - Основные параметры проведения процесса ФТ-синтеза на катализаторе 10%Co/90% γ -Al₂O₃

Катализаторы	Температура, оС	Конверсия СО, %	Селективность продуктов, %	
			СН ₄	С ₂ -С ₅
10%Co/ 90% γ -Al ₂ O ₃	160	6,4	0,2	0,0
	170	9,7	1,2	0,0
	180	13,8	7,2	1,8
	190	23,1	12,6	4,7
	200	37,5	19,4	9,3
	210	47,3	24,8	13,1
	220	58,1	28,2	14,7
	230	61,2	27,8	12,6

Целью данной работы является получение синтетических углеводородов из монооксида углерода и водорода на кобальтовых катализаторах на основе оксида алюминия (промотированных оксидом циркония) и изучение влияния содержания кобальта и промотора на основные показатели синтеза Фишера-Тропша.

Материалы и методы. Кобальтовые катализаторы готовили методом тройной пропитки. В качестве носителя катализатора использовали гранулированный оксид алюминия γ -Al₂O₃. Промотором в катализаторах служил диоксид циркония ZrO₂, который использовали для повышения активности катализатора и селективности в образовании синтетических углеводородов.

Для приготовления кобальтовых катализаторов для синтеза Фишера-Тропша применяли следующие реактивы: нитрат кобальта шестиводный Co(NO₃)₂·6H₂O и нитрат циркония шестиводный ZrO(NO₃)₂·2H₂O.

Предварительно носитель прокальвали в муфельной печи при температуре 450 °С в течение 5 часов, для удаления посторонних веществ (в том числе особенно углерода).

Каталитические испытания на лабораторной установке ФТ-синтеза проводили с использованием полученных катализаторов следующих составов: 10%Co/90% γ -Al₂O₃, 10%Co/3%ZrO₂/87% γ -Al₂O₃, 20%Co/3%ZrO₂/77% γ -Al₂O₃, 30%Co/3%ZrO₂/67% γ -Al₂O₃.

Эксперимент проводили в две стадии: восстанов-

ление катализатора и непосредственно ФТ-синтез. Кобальтовые катализаторы предварительно активировали (восстанавливали) в токе водорода при атмосферном давлении (0,1 МПа) и температуре 450 °С с объемной скоростью подачи синтез-газа 2000 ч⁻¹ в течение 1 часа. Расход водорода составлял 1000 мл/мин.

ФТ-синтез проводили при атмосферном давлении в интервале температур 160-230 °С. Исходную газовую смесь разного состава подавали в соотношении H₂/CO = 2/1 (об.) со скоростью 250 мл/мин при последовательно повышаемой температуре с шагом 10 °С. Продолжительность ФТ-синтеза в изотермических условиях при объемной скорости подачи синтез-газа 500 ч⁻¹ составляла около 12 ч. Непрореагировавшие углеводородные газы отправляли на сброс в вентиляцию.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных экспериментов были синтезированы следующие углеводороды: метан (СН₄); этан (С₂Н₆), пропан (С₃Н₈); изобутан и бутан (С₄Н₁₀); неопентан, изопентан и н-пентан (С₅Н₁₂).

Результаты проведенных исследований по получению синтетических углеводородов представлены в таблицах 1-5 и рисунках 1-6, на которых приведены соответствующие зависимости конверсии оксида углерода и концентрации продуктов СН₄, С₂-С₅ от температуры синтеза на катализаторах с содержанием кобальта в диапазоне 10-30 мас.%. В таблице 5 выход жидких продуктов С₅₊ (г/м³) процесса ФТ-синтеза на исследуемых катализаторах был получен в течение всего времени протекания синтеза.

Таблица 2 - Основные параметры проведения процесса ФТ-синтеза на катализаторе 10%Co/3%ZrO₂/87%γ-Al₂O₃

Катализаторы	Температура, °C	Конверсия CO, %	Селективность продуктов, %	
			CH ₄	C ₂ -C ₅
10%Co/3%ZrO ₂ / 87%γ-Al ₂ O ₃	160	7,5	1,2	0,0
	170	12,4	2,6	1,7
	180	21,2	9,3	4,5
	190	35,9	17,8	10,6
	200	52,7	29,2	19,2
	210	62,8	32,9	16,3
	220	69,5	30,2	15,8

Таблица 3 - Основные параметры проведения процесса ФТ-синтеза на катализаторе 20%Co/3%ZrO₂/77%γ-Al₂O₃

Катализаторы	Температура, °C	Конверсия CO, %	Селективность продуктов, %	
			CH ₄	C ₂ -C ₅
20%Co/3%ZrO ₂ / 77%γ-Al ₂ O ₃	160	10,6	3,6	1,5
	170	18,3	8,1	3,4
	180	35,4	13,8	9,5
	190	59,1	21,9	18,2
	200	73,7	30,2	25,9
	210	76,2	34,2	21,7
	220	78,4	29,4	19,3

Таблица 4 - Основные параметры проведения процесса ФТ-синтеза на катализаторе 30%Co/3%ZrO₂/67%γ-Al₂O₃

Катализаторы	Температура, °C	Конверсия CO, %	Селективность продуктов, %	
			CH ₄	C ₂ -C ₅
30%Co/3%ZrO ₂ / 67%γ-Al ₂ O ₃	160	15,3	2,8	0,2
	170	23,8	10,8	4,1
	180	40,9	19,4	10,9
	190	67,2	25,3	21,5
	200	76,1	31,1	20,1
	210	79,8	33,8	18,4
	220	82,4	31,7	16,8

Таблица 5 - Выход жидких продуктов процесса ФТ-синтеза на исследуемых катализаторах

Катализаторы	Выход C ₅₊ , г/м ³
10%Co/90%γ-Al ₂ O ₃	35
10%Co/3%ZrO ₂ /87%γ-Al ₂ O ₃	47
20%Co/3%ZrO ₂ /77%γ-Al ₂ O ₃	62
30%Co/3%ZrO ₂ /67%γ-Al ₂ O ₃	54

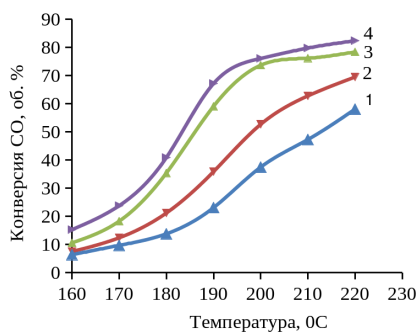


Рис. 1 - Зависимость конверсии СО от температуры синтеза для катализаторов:
 1 - 10%Co/90%γ-Al₂O₃;
 2 - 10%Co/3%ZrO₂/87%γ-Al₂O₃;
 3 - 20%Co/3%ZrO₂/77%γ-Al₂O₃;
 4 - 30%Co/3%ZrO₂/67%γ-Al₂O₃

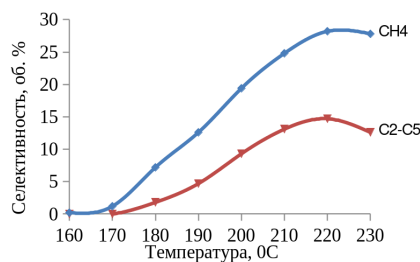


Рис. 2 - Зависимость селективности образования CH₄ и C₂-C₅ от температуры синтеза с применением катализатора 10%Co/90%γ-Al₂O₃

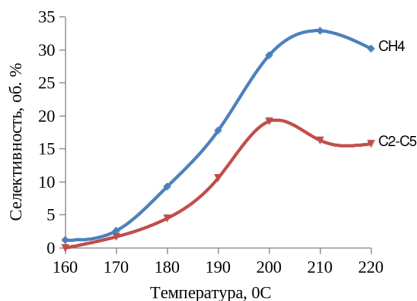


Рис. 3 - Зависимость селективности образования CH₄ и C₂-C₅ от температуры синтеза с применением катализатора 10%Co/3%ZrO₂/87%Al₂O₃

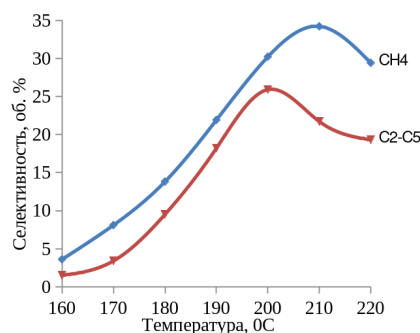


Рис. 4 - Зависимость селективности образования CH₄ и C₂-C₅ от температуры синтеза с применением промотированного катализатора 20%Co/3%ZrO₂/77%Al₂O₃

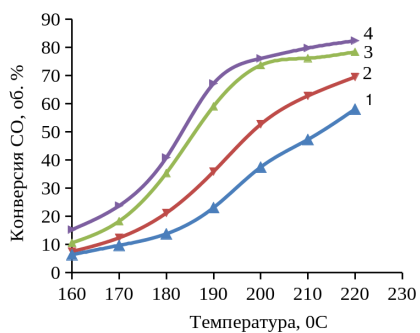


Рис. 5 - Зависимость селективности образования CH₄ и C₂-C₅ от температуры синтеза с применением промотированного катализатора 30%Co/3%ZrO₂/67%Al₂O₃

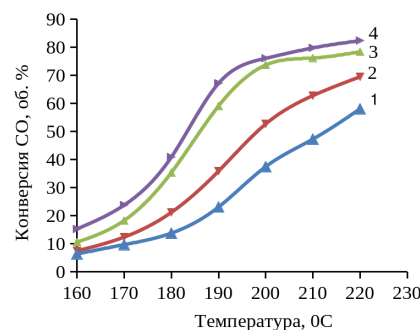
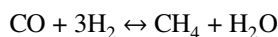


Рис. 6 - Влияние содержания кобальта в катализаторе Co/ZrO₂/Al₂O₃ на селективность углеводородов CH₄ и C₂-C₅

Полученные результаты экспериментов показали, что добавление промотора - двуокиси циркония ZrO_2 в количестве 3% (мас.) к катализатору 10%Co/90% γ - Al_2O_3 приводит к увеличению конверсии CO, выходу C_{5+} (35-47 г/м³) и повышению селективности образования продуктов CH_4 (28,2-32,9%), C_2 - C_5 (14,7-19,2%) при оптимальных температурах их наибольшего образования. При промотированном катализаторе наибольшее количество продуктов C_2 - C_5 , CH_4 получается при более низких температурах (200 °C и 210 °C соответственно), по сравнению с непромотированным катализатором, где оптимальная температура составляла 220 °C.

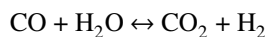
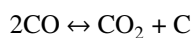
Селективность образования метана выше по сравнению с углеводородами C_2 - C_5 , что связано с тем, что повышение температуры способствует увеличению вероятности обрыва углеводородной цепи. А это способствует преимущественно к образованию относительно небольших молекул метана, чем углеводородов C_2 - C_5 , имеющие более длинную цепь. При этом, образование метана (с одновременным образованием воды) из синтез-газа может происходить путем гидрогенолиза образовавшихся олефинов или прямого гидрирования оксида углерода в соответствии с уравнением:



Рост содержания кобальта с 10 до 20 % (мас.) в катализаторе приводит к увеличению выхода жидких углеводородов (C_{5+}) с 47 до 62 г/м³ и селективности образования газообразных углеводородов CH_4 (32,9-34,2%), C_2 - C_5 (19,2-25,9%) при оптимальных температурах их наибольшего образования. При этом наибольшее количество продуктов C_2 - C_5 и CH_4 наблюдается при температурах соответственно 200 °C и 210 °C. Дальнейшее повышение содержания кобальта до 30 % (мас.) способствует некоторому уменьшению выхода продуктов

C_{5+} с 62 до 54 г/м³ и селективности образования CH_4 (34,2-33,8%), C_2 - C_5 (25,9-21,5%) при оптимальных температурах их наибольшего образования. Данный факт возможно обусловлен уменьшением удельной поверхности катализатора из-за заполнения пор носителя γ - Al_2O_3 частицами металла (кобальта). Вследствие этого уменьшается активность и селективность катализатора.

Следует также отметить, что в состав газа, выходящего из реактора в процессе ФТ-синтеза, образовывались такие побочные продукты, как H_2O и CO_2 . Образование последнего может происходить в результате прохождений реакций диспропорционирования CO (Белла-Будуара) и водяного газа:



При повышении температуры синтеза фактически во всех опытах наблюдалось увеличение доли CO_2 в газе. При этом, выделяющийся в процессе реакции углерод (одновременно с CO_2) приводит к «зауглероживанию» катализатора (а также реактора), что в значительной степени снижает активность и селективность катализатора. Поэтому повышение содержания двуокиси углерода в получаемом газе носит негативный эффект.

Выводы. На основании полученных экспериментальных данных выявлено, что при добавлении промотора ZrO_2 (3 % мас.) в непромотированный катализатор и кобальта с 10 до 20 % (мас.) в промотированный катализатор происходит увеличение конверсии оксида углерода, повышение выхода продуктов C_{5+} и селективности образования CH_4 и C_2 - C_5 . Добавление промотора ZrO_2 (3 % мас.) в непромотированный катализатор приводит к снижению оптимальной температуры T_{opt} , при которой образуются наибольшее количество углеводородов.

Литература

1. Козин В.Г., Солодова Н.Л., Башкирцева Н.Ю., Абдуллин А.И. Современные технологии производства компонентов моторных топлив: учебное пособие - Казань: Изд-во Казан.гос. технол. ун-та.- 2009.- 328 с.
2. Valero M.C., Raybaud P. Cobalt Catalyzed Fischer-Tropsch Synthesis: Perspectives Opened by First Principles Calculations // Catal. Lett. - 2013.- № 143.- pp.1-17.
3. Games G. Speight. Synthetic Fuels Handbook // USA: The McGraw-Hill Companies inc. - 2008. - 421 p.
4. Таймаров М.А., Шакиров И.М. Усовершенствование комплекса для получения угольной нефти // Вестник Казан.технол. ун-та. - 2013. - № 23. - стр.183-185.
5. Ke Liu. Hydrogen and syngas production and purification technologies. - USA: A John Wiley & Sons inc.- 2010.- 546 p.
6. Agung Tri Wijayanta, Md. Saiful Alam, Koichi Nakaso, Jun Fukai. Numerical investigation on combustion

of coal volatiles under various O₂/CO₂ mixtures using a detailed mechanism with soot formation // *Fuel.*, - 2012. - Vol.93. - pp. 670-676.

7. Патент РФ №2389548. Риз Дэвид К. Промотируемый катализатор Фишера-Тропша, способ его получения и способ синтеза углеводородов Фишера-Тропша.- 2010.

8. Saib A.M., Moodley D.J., Ciobic I.M., Hauman M.M., Sigwebela B.H., Weststrate C.J., Niemantsverdriet J.W., van de Loosdrecht J. Fundamental understanding of deactivation and regeneration of cobalt Fischer-Tropsch synthesis catalysts // *Catalysis Today.* - 2010. - № 154. - pp. 271-282.

9. Borg O., Eri S., Blekkan E.A., Storsoter S., Wigum H., Rytter E., Holmen A. Fischer-Tropsch synthesis over γ -alumina-supported cobalt catalysts: Effect of support variables // *Journal of Catalysis.* - 2007. - № 248. - pp.89-100.

10. Lohitharn N., Goodwin Jr. J.G. Impact of Cr, Mn and Zr addition on Fe Fischer-Tropsch synthesis catalysis: Investigation at the active site level using SSITKA // *Journal of Catalysis.* - 2008. - № 257. - pp. 142-151.

11. Zare A., Shiva M., Mirzaei A.A. Effect of calcination and reaction conditions on the catalytic performance of Co-Ni/Al₂O₃ catalyst for CO hydrogenation // *Journal of industrial and engineering chemistry*, 2013. - V.19. - Issue: 6. - pp. 1858-1868.

12. Wenping P., Jacobs G., Kang J., Sparks D., Gnanamani M.K., Pendyala V.R.R., Shafer W.D., Keogh R.A., Graham U.M., Thomas G.A. Fischer-Tropsch synthesis. Effect of alkali, bicarbonate and chloride addition on activity and selectivity // *Catalysis today*, 2013. - V.215. - pp. 73-79.

13. Dachuan Shi, Jimmy A. Faria, Ali A. Rownaghi, Raymond L. Huhnke, Daniel E. Resasco. Fischer-Tropsch Synthesis Catalyzed by Solid Nanoparticles at the Water/Oil Interface in an Emulsion System // *Energy & fuels*, 2013. - Vol.27, Issue 10. - pp. 6118-6124.

References

1. Kozin V.G., Solodova N.L., Bashkirtseva N.Yu., Abdullin A.I. Modern technologies for the production of motor fuel components: a textbook - Kazan: Publishing house Kazan.gos. technol. Univ.- 2009.- 328 p.

2. Valero M.C., Raybaud P. Cobalt Catalyzed Fischer-Tropsch Synthesis: Perspectives Opened by First Principles Calculations // *Catal. Lett.* - 2013.- №143.- pp.1-17.

3. Games G. Speight. Synthetic Fuels Handbook // USA: The McGraw-Hill Companies inc. - 2008. - 421 p.

4. Taimarov M.A., Shakirov I.M. Improvement of the complex for the production of coal oil // *Vestnik Kazan. tekhnol. un-ta.* - 2013. - No. 23. - pp.183-185.

5. Ke Liu. Hydrogen and syngas production and purification technologies. - USA: A John Wiley & Sons inc., 2010.- 546 p.

6. Agung Tri Wijayanta, Md. Saiful Alam, Koichi Nakaso, Jun Fukai. Numerical investigation on combustion of coal volatiles under various O₂/CO₂ mixtures using a detailed mechanism with soot formation // *Fuel.*, 2012. - Vol.93. - pp. 670-676.

7. Patent RF №2389548. Riz Deivid K. The promoted catalyst of synthesis of Fischer-Tropsh, way of his production and way of synthesis of hydrocarbons of Fischer-Tropsh.- 2010.

8. Saib A.M., Moodley D.J., Ciobic I.M., Hauman M.M., Sigwebela B.H., Weststrate C.J., Niemantsverdriet J.W., van de Loosdrecht J. Fundamental understanding of deactivation and regeneration of cobalt Fischer-Tropsch synthesis catalysts // *Catalysis Today.* - 2010. - № 154. - pp.271-282.

9. Borg O., Eri S., Blekkan E.A., Storsoter S., Wigum H., Rytter E., Holmen A. Fischer-Tropsch synthesis over γ -alumina-supported cobalt catalysts: Effect of support variables // *Journal of Catalysis.* - 2007. - № 248. - pp.89-100.

10. Lohitharn N., Goodwin Jr. J.G. Impact of Cr, Mn and Zr addition on Fe Fischer-Tropsch synthesis catalysis: Investigation at the active site level using SSITKA // *Journal of Catalysis.* - 2008. - № 257. - pp.142-151.

11. Zare A., Shiva M., Mirzaei A.A. Effect of calcination and reaction conditions on the catalytic performance of Co-Ni/Al₂O₃ catalyst for CO hydrogenation // *Journal of industrial and engineering chemistry*, 2013. - V.19.

- Issue: 6. - pp. 1858-1868.

12. Wenping P., Jacobs G., Kang J., Sparks D., Gnanamani M.K., Pendyala V.R.R., Shafer W.D., Keogh R.A., Graham U.M., Thomas G.A. Fischer-Tropsch synthesis. Effect of alkali, bicarbonate, and chloride addition on activity and selectivity // Catalysis today, 2013. - V.215. - pp. 73-79.

13. Dachuan Shi, Jimmy A. Faria, Ali A. Rownaghi, Raymond L. Huhnke, Daniel E. Resasco. Fischer-Tropsch Synthesis Catalyzed by Solid Nanoparticles at the Water/Oil Interface in an Emulsion System // Energy & fuels, 2013. - Vol.27, Issue 10. - pp. 6118-6124.

Сведения об авторе

Попов А.Ю.- доктор технических наук, профессор, профессор Омского государственного технического университета, Омск, Российская федерация, e-mail: popov_a_u@list.ru.

Information about author

Popov A. Y. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation, e-mail: popov_a_u@list.ru.

STUDY OF THE CONTENT OF TOXICANTS IN FISH ORGANS AND TISSUES

I.B.Pulatov^{1*}, Sh.A. Ishniyazova¹, K.O. Dodaev², A. Турсынов¹

¹Samarkand State University of Veterinary Medicine, Animal Husbandry and Biotechnology, Samarkand, Uzbekistan, ²Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, e-mail: pulatov.i1990@mail.ru

An ecological assessment of the content of antimony and arsenic in the organs and tissues of fish caught from the Zarafshan River is given. The relevance of the determination of toxic elements is assessed, despite the fact that their content in fish meat is negligible and requires the use of highly sensitive physicochemical methods for determination. The possibility of using the proposed method for determining toxic elements in diagnostics and in the environmental assessment of the region under study, as well as processing these fish for canned food, is shown. The method and materials for sampling fish according to GOST 26929 "Raw materials and food products" are presented. The method of atomic absorption detection of toxic elements was used on Spectr-1 and Saturn instruments equipped with electrothermal atomizers, with the help of which elements were determined in the form of hydrides and in aqueous solutions. Hydrides are fed into the furnace through a jet, and aqueous solutions are introduced using a microdoser. Quantitative determination of toxic elements was carried out by a calibrated (graded) graphical method. The danger of the presence of arsenic and antimony in the meat of fish selected for the experiment: marinka, carp and silver carp was assessed.

Keywords: ecological assessment, toxic elements, antimony content, arsenic, fish organs, tissues, maximum allowable concentration, human health.

ТОКСИКАНТТАРДЫҢ МАЗМУНЫН ЗЕРТТЕУ БАЛЫҚТЫҢ МҮШЕЛЕРІНДЕГІ МЕН ҰЛЫНЫНДА

И.Б. Пулатов^{1*}, Ш.А. Ишнйазова¹, Қ.О. Додаев², А.Тұрсынов¹

¹Самарқанд мемлекеттік ветеринария, мал шаруашылығы және биотехнология университеті, Самарқанд, Өзбекстан, ²Ташкент химия-технологиялық институты, Ташкент, Өзбекстан, e-mail: pulatov.i1990@mail.ru

Зарафшан өзенінен ауланған балықтардың ағзалары мен ұлпаларындағы сурьма мен мышьяк құрамының экологиялық бағасы берілген. Уытты элементтерді анықтаудың өзектілігі олардың балық етіндегі мөлшері шамалы және анықтау үшін жоғары сезімтал физика-химиялық әдістерді қолдануды талап ететініне қарамастан бағаланады. Ұсынылған әдісті диагностикада және зерттелетін аймақтың экологиялық бағалауында улы элементтерді анықтауда, сондай-ақ осы балықты консервілерге өндеуде қолдану мүмкіндігі көрсетілген. ГОСТ 26929 «Шикізат және тамақ өнімдері» бойынша балық сынамаларын алу әдісі мен материалдары ұсынылған. Улы элементтерді атомдық абсорбциялық анықтау әдісі электротермиялық тозандатқыштармен жабдықталған Spectr-1 және Saturn аспаптарында қолданылды, олардың көмегімен элементтер гидридтер түрінде және сулы ерітінділерде анықталды. Гидридтер ағын арқылы пешке беріледі, ал су ерітінділері микродозер арқылы енгізіледі. Уытты элементтерді сандық анықтау калибрленген (разрядты) графикалық әдіспен жүргізілді. Тәжірибе үшін іріктеліп алынған балық: маринка, тұқы және күміс тұқы балықтарының етінде мышьяк пен сурьманың болу қаупі бағаланды.

Түйінді сөздер: қоршаған ортаны бағалау, улы элементтер, сурьма құрамы, мышьяк, мүшелер, балық ұлпалары, шекті рұқсат етілген концентрация, адам денсаулығы.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИКАНТОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ РЫБ

И.Б.Пулатов^{1*}, Ш.А.Ишниязова¹, К.О.Додаев, А.Турсунов¹

¹Самаркандский государственный университет ветеринарной медицины, животноводства и биотехнологий, Самарканд, Узбекистан,

²Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан,

e-mail: pulatov.i1990@mail.ru

Дана экологическая оценка содержания сурьмы и мышьяка в органах и тканях рыб, выловленных из реки Зарафшан. Оценена актуальность определения токсичных элементов, несмотря на то, что их содержание в мясе рыбы ничтожно мало и требует использование высокочувствительных физико-химических методов определения. Показана возможность использования предлагаемого метода определения токсичных элементов в диагностике и в экологической оценке исследуемого региона, а также переработки этих рыб на консервы. Приведены метод и материалы по отбору проб рыб по ГОСТ 26929 "Сырье и продукты пищевые". Использован метод атомно-абсорбционного обнаружения токсичных элементов на приборах «Спектр-1» и «Сатурн», снабженных электротермическими атомизаторами, с помощью которых определены элементы в виде гидридов и в водных растворах. Гидриды поданы в печь через жиклер, а водные растворы введены с помощью микродозатора. Количественное определение токсичных элементов проведено калиброванным (градуированным) графическим методом. Оценена опасность наличия мышьяка и сурьмы в мясе выбранных для эксперимента рыб: маринки, карпа и толстолоба.

Ключевые слова: экологическая оценка, токсичные элементы, содержание сурьмы, мышьяк, органы, ткани рыб, предельно допустимая концентрация, здоровье человека.

Introduction. Fish and fish products are very useful for the human body. Fish meat has a high nutritional value, so fish dishes are widely used in the daily diet, in children's and diet food. The usefulness of fish is due, first of all, to the content of high-grade proteins easily digestible by the human body. The total amount of all protein substances in fish meat is, on average, about 16% and ranges from 12 to 22%. These include salt-soluble proteins such as globulins (myosin, actin, actomyosin, tropoliosin), water-soluble proteins such as albumins (myogen, myoalbumin, globulin, myoprotein). Myostromins, as well as nucleoproteins (histones, deoxyribose, purine and pyrimidine bases) have been identified. Fish meat proteins are complete, they contain all the essential amino acids in a well-balanced ratio for human consumption [1, 2].

In fish, especially in liver fat, caviar, internal fat, fat-soluble vitamins A, D and E are contained in a significant amount. Vitamins of group B (B1, B2, B3, B5, B6, B12) in fish meat are about the same as in meat warm-blooded animals. Any fish is a valuable and affordable source of phosphorus, fluorine and iodine. Particularly important is the content of the trace element iodine, which is very small in other foods. For example, cod meat contains 800-2440 times more iodine than beef. Of the minerals, fish meat contains: potassium, sodium, magnesium, chlorine, sulfur, phosphorus, iron and other elements (from 0.9 to 1.6% in total). Water in fish meat - 55-83%, the fatter

the fish, the less water in its tissues. So, in the meat of eel it is about 55%, and in the meat of perch and cod - up to 80% [3; 4].

But at the same time, due to the presence of industrial and other hazardous waste, the fish absorbs all the toxic substances in the water, accumulates toxic elements in itself. The content of harmful elements such as antimony and arsenic is strictly regulated in the regulatory document "Sanitary rules, norms and hygienic standards of the Republic of Uzbekistan". Hygienic standards for food safety SanPin № 0366-19, which were reviewed and approved by the Committee for the Regulation of Potentially Unfavorable Factors of the Human Environment under the Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan (Minutes No. 7 of December 27, 2018). In the environmental assessment of the environment, it is important to determine toxic elements, the content of which is very low and requires the use of highly sensitive physicochemical methods of determination [5, 6, 7, 8].

Methods and materials. Sampling of fish caught from the Zarafshan River and their preparation for analysis was carried out in accordance with GOST 26929 "Raw materials and food products". Basic preparations. Mineralization for detection of toxic elements". This International Standard applies to food raw materials and specifies methods for dry digestion, wet digestion and acid separation for the determination of antimony and arsenic. The

method of dry mineralization achieved complete decomposition of organic substances by burning samples of raw materials in an electric furnace at a controlled temperature, then the sample was mineralized. Atomic absorption spectroscopy (AAS) is characterized by high sensitivity, reproducibility and selectivity. Determination of the content of antimony and arsenic in the organs and tissues of fish was carried out in accordance with GOST 30178 "Raw materials and food products". Method of atomic absorption detection of toxic elements" on Spectr-1 and Saturn instruments equipped with electrothermal atomizers, with the help of which elements were determined

in the form of hydrides and in aqueous solutions. Hydrides are fed into the furnace through a jet, and aqueous solutions are introduced using a microdoser. Quantitative determination of toxic elements was carried out by a calibrated (graded) graphical method [9, 10].

Results and its discussion. To study the content of antimony and arsenic, organs, tissues and whole carcasses (without entrails) of *Marinka vulgaris*, carp and common silver carp were taken. As a result of the analyzes, it was revealed that a little more arsenic is concentrated in the body of silver carp, while the level of antimony is higher in carp (table №1).

Table 1 - The amount of antimony and arsenic in the body of fish, mg/kg

№	Type of fish	Number of measurements	Arsenic $x \pm \Delta x$	Sr	Antimony $x \pm \Delta x$	Sr
1	Marinka ordinary	10	1,0±0,09	0,06	0,3±0,03	0,03
2	Carp	14	0,8±0,09	0,04	0,5±0,01	0,07
3	Silver carp ordinary	12	1,1±0,10	0,05	0,3±0,03	0,01

Table 2 - The results of the determination of toxic elements in the organs and tissues of fish in the Middle Zarafshan

№	Name of organs	Number of measurements	Arsenic $x \pm \Delta x$	Sr	Antimony $x \pm \Delta x$	Sr
1.	Marinka vulgaris	10				
	scales		-	-	0,75 ± 0,03	0,06
	leather		-	-	0,83 ± 0,02	0,03
	muscles		1,8 ± 0,07	-	0,21 ± 0,01	0,07
	skeleton		1,2 ± 0,05	0,05	-	-
	liver		-	0,06	0,3 ± 0,008	0,04
	swim bladder		-	-	0,2 ± 0,003	0,02
	black film		-	-	0,01±0,001	0,01
2.	Carp	14				
	scales		0,6±0,03	0,09	0,40 ± 0,020	0,09
	leather		0,5±0,01	0,3	0,07±0,001	0,03
	skeleton		0,6±0,02	0,06	0,19±0,009	0,03
	gills		0,3±0,01	0,06	0,26±0,040	0,03
3.	The silver carp	12				
	common		-	-	-	-
	scales		0,24±0,02	0,01	0,16±0,009	0,09
	leather		-	-	0,20±0,010	0,08
	muscles		-	-	0,07±0,001	0,02

An analysis of the distribution of the studied elements in the organs and tissues of marinka, carp and silver carp specimens caught in the Middle Zarafshan showed that the concentration of arsenic and antimony

in them is significantly higher than the background values. The organs and tissues of the common marinka are enriched with antimony and arsenic, while most of the antimony is concentrated in the scales and skin, and

its content is 3-4 times higher than in the muscles and liver. The average data of atomic absorption analysis of the distribution of antimony and arsenic in the tissues and organs of fish in the Middle Zarafshan shown in table № 2.

Table 2 shows that arsenic and antimony are the most dangerous when canning a number of fish. Most of these elements accumulate in the scales, skin, gills and skeleton of the fish. Recommendations for the processing of fish into canned food should include the removal of scales, skin, and heads of fish. The remains of these elements in the skeleton of fish for the entire mass of fish become much lower than the permissible value. When processing fish for fillets, the residual

amount of arsenic and antimony does not pose a danger to human health [11, 12].

Conclusions. As can be seen from the tables, such a distribution of chemical elements is apparently associated with the lifestyle and species specificity of fish. The content of antimony found in the organs and tissues of fish is below the limit of permissible concentrations and therefore is not dangerous for humans and animals; As for the content of arsenic, its concentration in the muscles of the marinka is higher than the maximum permissible concentration (1 mg/kg), and eating this fish can pose a danger to human health.

Литература

1. Пулатов И.Б., Додаев К.О. Результаты исследования консервов пресноводной рыбы в томатном соусе // Универсум, технические науки. -М.- 2022. - № 6 (4-99). - стр.22-25.
2. ГОСТ 30178-96 (Межгосударственный стандарт). //Сырье и продукты питания.- Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. М.- Стандартиформ.- 2010.
3. ГОСТ 25011-2017 (межгосударственный стандарт). //Мясо и мясные продукты.- Методы определения белка. - М. - Стандартиформ.- 2018.
4. Владимцева Т.М. Технология рыбы и рыбопродуктов. Методы определения качества рыбной продукции.- Красноярск. - 2019. -105 с.
5. Современные проблемы качества и безопасности пищевых продуктов в свете требований технических регламентов Таможенного союза / Материалы международной научно-технической конференции.- Краснодар.- 2014.
6. Вавилова Н.И. Товароведение и экспертиза рыбной продукции и морепродуктов.- Саратов.- 2017. -52 с.
7. Волков А.Х., Папуниди Е.К. Якупова Л.Ф. Оценка качества и безопасности рыбы и морепродуктов. - Руководство. - Казань.- 2020. -154 с.
8. Нормухаматов Р., Пулатов И. Массовый состав рыбы - важный товарно-технологический показатель. Журнал Арго-илм.-Ташкент. - 2020. - №1.- С. 64-65.
9. ГОСТ 26930. Метод определения мышьяка.
10. ГОСТ 26932. Метод определения сурьмы.
11. ГОСТ 16978 - 99. Консервы рыбные в томатном соусе. Технические характеристики.
12. Мамонтов Ю.В. Современное состояние и перспективы развития аквакультуры в России. - Абстрактный. дис. д. - Краснодар: КГАУ.- 2000. - 40 с.

References

1. Pulatov I.B., Dodaev K.O. The results of the study of canned presswater fish in tomato sauce // Universum Technical Sciences.-М. - 2022. - No.6 (4-99).- pp. 22-25.
2. GOST 30178-96 (Interstate standard). Raw materials and food products. Atomic absorption method for the determination of toxic elements.- М.- Standartinform.- 2010.
3. GOST 25011-2017 (interstate standard). Meat and meat products. Protein determination methods.- М.- Standartinform.- 2018.

-
4. Vladimtseva T.M. Technology of fish and fish products. Methods for determining the quality of fish products. -Krasnoyarsk. -2019. -105 p.
 5. Modern problems of food quality and safety in the light of the requirements of the technical regulations of the customs union / Proceedings of the international scientific and technical conference. Krasnodar 2014.
 6. Vavilova N.I. Commodity science and expertise of fish products and seafood.- Saratov.- 2017. -52 с.
 7. Volkov A.H., Papunidi E.K. Yakupova L.F. Assessment of quality and safety of fish and seafood. - Manual. - Kazan.- 2020. -154 с.
 8. Normakhmatov R., Pulatov I. Mass composition of fish - an important commodity-technological indicator. Journal Argo-ilm.-Tashkent. - 2020. - №1.- С. 64-65.
 9. GOST 26930. Method for determination of arsenic.
 10. GOST 26932. Method for determination of antimony.
 11. GOST 16978 - 99. Canned fish in tomato sauce. Technical specifications.
 12. Mamontov Y.V. Modern state and prospects of aquaculture development in Russia. -Abstract. dis. d. - Krasnodar: KSAU.- 2000. - 40 с.

Information about the authors

Pulatov I.B.- doctoral student, University of Veterinary Medicine, Animal Husbandry and Biotechnology, Samarkand, Uzbekistan, pulatov.i1990@mail.ru;

Ishniyazova Sh.A.- Doctor of Philosophy (PhD), University of Veterinary Medicine, Animal Husbandry and Biotechnology, Samarkand, Uzbekistan, Ishniyazova04gmail.com;

Dodaev K.O. - Doctor of Technical Sciences, prof. Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan., Dodoev@rambler.ru,

Tursunov A. -PhD.dots University of Veterinary Medicine, Animal Husbandry and Biotechnology, Samarkand, tursunovaxmadxon2@gmail.com

Сведения об авторах

Пулатов И.Б. - докторант, Университет ветеринарной медицины, животноводства и биотехнологий, Самарканд, Узбекистан, pulatov.i1990@mail.ru;

Ишниязова Ш.А.- к.х.н., доц., Университет ветеринарной медицины, животноводства и биотехнологий, Самарканд, Ishniyazova04gmail.com;

Додаев К.О.- д.т.н. проф., Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Dodoev@rambler.ru, Турсунов А. - к.х.н., доц., Университет ветеринарной медицины, животноводства и биотехнологий, Самарканд, tursunovaxmadxon2@gmail.com.

TECHNOLOGICAL SCHEME FOR PROCESSING MULBERRY FRUITS FOR JUICE AND CONCENTRATE. MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS OF SEDIMENT DECANTATION IN JUICE

A.I. Samandarov^{1*}, D.K. Maksumova², K.O. Dodaev²

¹Urgench State University, Urgench, Uzbekistan,

²Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan,

e-mail: bror_samandarov0723@mail.ru

The chemical composition of mulberry fruits was studied. A technological scheme for processing mulberry fruits into juices and concentrates has been developed. It is made in the form of decantation of solid particles - evaporation of clarified juice. Based on the analysis of all processes included in the technological scheme, a line was assembled, including pressing juice, cleaning freshly squeezed juice from mechanical impurities, fermenting and clarifying juice, filtering and obtaining clear juice, evaporating and obtaining juice concentrate.

Equations for the material balance of hydromechanical separation of sediments in mulberry juice in the field of centrifugal forces are obtained (sediment decantation). Thus, a mathematical model of the dynamics of the liquid separation process has been obtained. Using the SIMULINK part of the MATLAB program, a computer model for solving equations was compiled. The results of studies of the separation of solid particles of mulberry juice in the field of centrifugal forces were used as input parameters for studying the evaporation process on a five-pan vacuum evaporator. These are the following juice parameters a_1 , atr_1 , atn_1 , av_1 - respectively, the concentration of incoming juice, solid soluble, solid insoluble components and water in the incoming juice; atr_2 , atn_2 , av_2 - concentration of solids, including solid soluble, solid insoluble components and water in a thick mass; atr_3 , atn_3 , av_3 - concentration of solids, including solid soluble, solid insoluble components and water in clarified juice; G_1 , G_2 , G_3 - costs, respectively, of the original juice (input), thick mass (output), clarified juice (output).

Keywords: mulberry fruit juice, starch, pectin, fermentation, concentrate.

ШЫРЫН ЖӘНЕ КОНЦЕНТРАТ ҮШІН ТҮТ ЖЕМІСТЕРІН ӨНДЕУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ СҰЛБАСЫ. ШЫРЫНДАҒЫ ШӨГІМДЕРДІ ДЕКАНТАЦИЯЛАУ ПРОЦЕСІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

А.И Самандаров^{1*}, Д.К Максумова², Қ.О.Додаев²

¹Үргеніш мемлекеттік университеті, Үргеніш, Өзбекстан,

²Ташкент химия-технологиялық институты, Ташкент, Өзбекстан,

e-mail: bror_samandarov0723@mail.ru

Тұт жемістерінің химиялық құрамы зерттелді. Тұт жемістерін шырындар мен концентраттарға өндеудің технологиялық схемасы әзірленді. Қатты бөлшектерді декантациялау - мөлдірленген шырынды булану түрінде жасалады. Технологиялық сызбаға енгізілген барлық процестерді талдау негізінде шырынды пресеу, жаңа сығылған шырынды механикалық қоспалардан тазарту, шырынды ашыту және мөлдірлеу, сүзу және мөлдір шырын алу, шырын концентратын булау және алуды қамтитын желі құрастырылды.

Орталықтан тепкіш күштер аймағында тұт шырынындағы шөгінділерді гидромеханикалық бөлудің материалдық балансының теңдеулері алынды (жауын-шашынның декантациясы). Осылайша, сұйықтықты бөлу процесінің динамикасының математикалық моделі алынды. MATLAB бағдарламасының SIMULINK бөлігі арқылы теңдеулерді шешудің компьютерлік моделі құрастырылды. Тұт шырынының қатты бөлшектерін орталықтан тепкіш күштер аясында бөлуді зерттеу нәтижелері бес табаны вакуумды буландырғышта булану процесін зерттеу үшін кіріс параметрлері ретінде пайдаланылды. Бұл келесі шырын параметрлері a_1 , atr_1 , atn_1 , av_1 - тиісінше, түсетін шырынның, қатты еритін, қатты ерімейтін компоненттердің және түсетін шырындағы судың концентрациясы; atr_2 , atn_2 , av_2 - қатты еритін, қатты ерімейтін компоненттерді және қою

массадағы суды қоса алғанда, қатты заттардың концентрациясы; a_{r3} , a_{m3} , a_{v3} - қатты заттардың, оның ішінде қатты еритін, қатты ерімейтін компоненттердің және мөлдірленген шырындағы судың концентрациясы; G_1 , G_2 , G_3 - сәйкесінше бастапқы шырын (кіріс), қою масса (шығыс), тазартылған шырын (шығыс) шығындары.

Түйінді сөздер: тұт жеміс шырыны, крахмал, пектин, ашыту, концентрат.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ПЛОДОВ ТУТОВНИКА НА СОК И КОНЦЕНТРАТ. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕКАНТАЦИИ ОСАДКОВ В СОКЕ

А.И.Самандаров^{1*}, Д.К. Максумова², К.О.Додаев²

¹Ургенчский государственный университет, г. Ургенч, Узбекистан,

²Ташкентский химико-технологический институт, г. Ташкент, Узбекистан,

e-mail: bror_samandarov0723@mail.ru

Исследован химический состав плодов тутовника. Разработана технологическая схема переработки плодов тутовника на соки и концентраты. Она выполнена в виде декантация твёрдых частиц-выпаривание осветлённого сока. На основе анализа всех процессов, входящих в технологическую схему компонована линия, включающая прессование сока, очищение свежеежатого сока от механических примесей, ферментирование и осветление сока, фильтрацию и получение прозрачного сока, выпаривание и получение концентрата сока.

Получены уравнения материального баланса гидромеханического разделения осадков в соке тутовника (декантация осадков) в поле центробежных сил. Получена тем самым математическая модель динамики процесса разделения жидкости. Используя часть SIMULINK программы MATLAB составлена компьютерная модель решения уравнений. Результаты исследований разделения твёрдых частиц тутового сока в поле центробежных сил использованы в качестве входных параметров для исследования процесса выпаривания на пятикорпусной вакуум-выпарной установке. Это нижеследующие параметры сока: a_1 , a_{r1} , a_{m1} , a_{v1} - соответственно, концентрация поступающего сока, твердых растворимых, твердых нерастворимых компонентов и воды в поступающем соке; a_{r2} , a_{m2} , a_{v2} - концентрация сухих веществ, в том числе, твердых растворимых, твердых нерастворимых компонентов и воды в густой массе; a_{r3} , a_{m3} , a_{v3} - концентрация сухих веществ, в том числе, твердых растворимых, твердых нерастворимых компонентов и воды в осветленном соке; G_1 , G_2 , G_3 - расходы, соответственно исходного сока (вход), густой массы (выход), осветленного сока (выход).

Ключевые слова: сок плодов тутовника, крахмал, пектин, ферментация, концентрат.

Introduction. It is estimated that more than 150 t of mulberries are grown in Uzbekistan annually, mainly consumed in raw form by the population. Our research is focused on mulberry fruits as a source of production of natural sweet, at the same time useful products for the body: dried fruits, preserves and jams, juices and concentrates.

Mulberry (Morus) - a family of trees belonging to the mulberry family; fruit tree; In Uzbekistan, 5 species are grown. The fruits of white mulberry (M. alba, fig.1) and black mulberry (M. nigra, fig.2) are mainly used [1, 2].

In the food industry of the world, scientific research is being carried out on the processing of raw materials rich in carbohydrates, proteins, minerals, vitamins, organic acids, polyphenols, as well as on the production

of high-quality natural food products.

Modern medical research has proven that mulberry fruits have many properties, such as treating fever, protecting the liver, diuretic, lowering blood pressure, lowering blood sugar and lipids. Due to the high moisture content and short harvest period, mulberry fruits are not easily kept fresh and are prone to rotting, so obtaining juice and concentrate of mulberry fruits becomes an important processing method to increase shelf life and facilitate further use.

There are no such studies in the world on the processing of mulberry fruits, obtaining juice and concentrate. There are results of studies on the drying of mulberry leaves and fruits, and the study of the chemical composition of their extracts. There are



Fig.1. Morus alba



Fig.2. Morus nigra

technologies for the use of dried mulberry fruits in confectionery.

The purpose of the research is to obtain juice from mulberry fruits, develop technology and modes of juice clarification, obtain juice concentrate, study the chemical composition of juice and concentrate, and evaluate the indicators of the results obtained.

Methods and materials. We used standard and special physicochemical, microbiological, rheological and organoleptic (sensor) methods of raw materials, semi-finished products and finished products. Statistical processing of experimental data was carried out using correlation-regression analysis in Microsoft Excel 2013 and MathCad 15 environments [3].

The main methods have been developed and applied for the study of individual components of the juice and concentrate of mulberry fruits.

Flavonoids in the sample were determined using liquid chromatography. To do this, 5-10 g of a sample was taken on an analytical balance and placed in a flat flask with a capacity of 300 ml. 50 ml of 70% ethanol solution is added to it [4].

The mixture was heated at 70-80°C with vigorous stirring for 1 hour, stirred with a magnetic stirrer, reflux, and then stirred at room temperature for 2 hours. The mixture is cooled and filtered. 25 ml of 70% ethanol are added to the remainder and re-extracted 2 times. The filtrates were combined and made up to the mark with 70% ethanol in a 100 ml volumetric flask. The resulting solution is centrifuged at a speed of 6000-8000 rpm for 20-30 minutes. The resulting solution was taken from above for analysis. Phosphorus and acetate buffer systems and acetonitrile were used as eluents in the determination of flavonoids by HPLC. A phosphate buffer system and acetonitrile were used [4].

Isolation of free amino acids. Sedimentation of proteins and peptides from aqueous extract in centrifuge beakers. To do this, 1 ml (exact volume) of 20% trichloroacetic acid (TCA) was added to 1 ml of the test sample. After 10 minutes, the precipitate was separated by centrifugation at 8000 rpm for 15 minutes. After separating 0.1 ml over the sedimentary liquid, it was freeze-dried [5].

High performance liquid chromatography (HPLC) analysis of PTC-derivatives of amino acids. The synthesis of phenylthiocarbomayl (FTC) derivatives of free amino acids was carried out according to the method of Steven A., Cohen Daviel.

Identification of FTC-amino acids is carried out on an Agilent Technologies 1200 chromatograph on a 75x4.6 mm Discovery HS C18 column. Solution A: 0.14 M CH₃COONa + 0.05% TEA pH 6.4, B: CH₃CN. Flow rate 1.2 ml/min, absorbance 269 nm. Gradient % B/min: 1-6%/0-2.5 min; 6-30%/2.51-40 min; 30-60%/40.1-45 min; 60-60%/45.1-50 min; 60-0%/50.1-55 min.

The results of laboratory studies of the composition of amino acids in mulberry fruits are presented. Each dried sample was prepared for analysis separately in the following order:

We used standard and special physicochemical, microbiological, rheological and organoleptic (sensor) methods of raw materials, semi-finished products and finished products. Statistical processing of experimental data was carried out using correlation-regression analysis in Microsoft Excel 2013 and MathCad 15 environments [6].

Results and its discussion. Let us analyze the results obtained on the chemical composition of mulberry fruits presented in table 1.

Table 1 - The chemical composition of mulberry fruits

No	Nutrients	Mass fraction, g/100 g of fruit
1	Water	81,74
2	Protein	0,78
3	Sugar	12,60
4	Starch	0,65
5	Pectin	0,21
6	Fats	0,41
7	Organic acids	1,34
8	Alimentary fiber	1,75
9	Ash	0,23
10	Other substances	0,29
11	Degree of sweetness	high
12	Energy value, kcal	56,7

Vitamins: A-0.4%, β -carotenoids - 0.4%, B1 - 2.7%, B2 - 1.1%, choline - 2.5%, B5 - 1.6%, B6 - 2, 5%, B9 - 1.5%, B12 - not determined. , C-11.1%, D-not determined, E-5.8%, H-1.2%, K-6.5%, PP-4%, K-14%,

The total amount of macro- and microelements (in% of the total amount): K-14%; Ca-2.4%, Si-33.3%, Mg-12.8%, Na-1.2%, Ph-4.8%, Cl-0.1%, Fe-10.3%, I - 0.7%, Co-10. %, Mn-0.9%, Cu-6%, Mo-3.6%, Se-1.1%, R-0.3%, Cr-14%, Zn-1%.

Mulberry fruits are eaten whole, fresh or dried (mulberry raisins), they are also used to prepare sweets, jams, marmalades, jam and molasses.

The mulberry fruit is watery, it contains 81.7-86.2% water. The sugar content of fresh fruit is 10.9-12.7%, mulberry raisins 73.29-83.71%. Mulberry fruits are recommended for those who are weakened by diseases and often catch a cold. The seeds contain 24-33% oil and other useful substances. Since it contains a large amount of phosphorus, mulberry is very useful for people who are engaged in mental activity. For pregnant women, mulberry fruits are also a source of necessary preparations for good fetal development, strengthen the immune system, the body's defenses against infectious diseases, prevent premature skin wrinkles, improve vision, and protect retinal damage. Fresh (or canned) mulberry juice helps relieve chest pain and shortness of breath. With a therapeutic purpose, mulberry juice is consumed for three weeks, during this period of time the work of the heart is completely restored [4,5].

We are developing a technology for obtaining mulberry juice, in an organized workshop, the scheme of which is shown in Fig.3.

Mulberry fruits, despite the fact that they fell to the ground, are crushed and juice flows out of them, are collected in special containers and sent to a cannery for processing. The containers are unloaded into receiving tanks 1, then the fruits are fed to the belt press 3 by means of a screw pump 2, the juice is squeezed out of them, which accumulates in the collector 5. Particles related to dust, soil, tree leaves, as well as solid particles of fruits pass into the squeezed juice , they are previously separated from the juice using a separator 7, into which it is supplied by a pump 6.

In the technology for obtaining clear juice and concentrate, the starch and pectin contained in the juice are decomposed by fermentation in the 16 fermenter. heated to a temperature of 90°C and cooled to a temperature of 45-50°C in the "pipe in pipe" cooler 13. In this case, the starch binds water to itself and swells, which is favorable for its splitting. In the fermenter 16, the process of splitting starch with amylase supplied from tank 17 and pectin with pectinase supplied from tank 18 is carried out in parallel, processing is carried out with bentonite supplied from tank 19 and erbigel supplied from tank 20 to aggregate and precipitate the by-products of fermentation, then sediments are removed with a separator 23 is filtered on the device 25 and accumulated in the buffer tank 26 of the vacuum evaporator complex (VEC). Before evaporation, the juice is heated in a tubular apparatus 28 to avoid deformation of the tubular structure, accumulated in a container 29 and evaporated in a five-case vacuum evaporator complex, including buildings 31, 36, 41, 44 and 47, the resulting concentrate is sent to an aseptic storage tank 50 installed in the refrigerator compartment. Separators VEC 34, 39, 42, 45, 48 serve

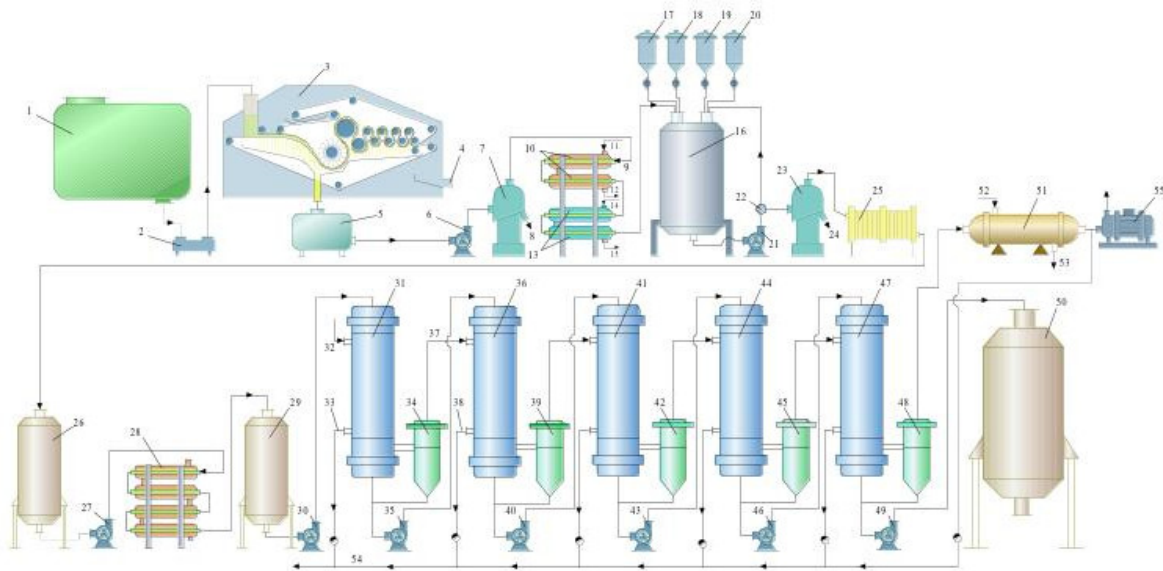


Fig.3. Technological line for the production of juice and concentrate from mulberries.

1 - buffer capacity for receiving mulberry fruits; 2-screw pump; 3-belt press; 4-node removal of pomace; 5-juice collector; 6, 21, 27, 30, 35, 40, 43, 46, 49 pumps; 7-separator for removing mechanical impurities; 8, 24-exit nodes of waste separators; 10-heater "pipe in pipe"; 11-inlet of heating steam; 12-heating steam condensate outlet; 13-cooler "pipe in pipe"; 14-cold water inlet; 15-cold water outlet; 16-fermenter; 17-enzyme dispenser for amylase; 18 - enzyme dispenser for pectinase; 19-bottle with erbigel; 20-tank with bentonite; 23-separator for removing sediments (decanter); 22-tee-guide juice; 25 filter; 26 - filtered juice collection tank; 29-tube heater; 31 - the first building of the 5-case vacuum evaporator complex (VEC), 32 - heating steam inlet pipe; 33-pipe condensate outlet; 34-separator of the 1st building; 36-2nd apparat of ; 37 - secondary steam inlet to the 2nd building of the ; 38-condensate outlet from the 2nd building of the ; 39 - separator of the 2nd building of the ; 41-third building of the ; 42-separator of the 3rd building of the ; 44th Corps of the ; 45-separator of the 4th building of the ; 47-5th building of the ; 48-separator of the 5th building; 50 - aseptic concentrate storage tank; 51 - secondary steam condenser; 52-cold water inlet; 53-cold water outlet; 54-vacuum-pump system.

to separate secondary vapors from juice [6, 7, 8, 9].

Mathematical modeling of the hydromechanical process of sediment decantation during the fermentation of raw juice. As stated above, deep processing of mulberries is proposed according to the scheme of fine grinding of silkworm pulp - separation into fractions (juice and thick mass) - juice clarification - juice concentration. When concentrating clarified juice, aromatic substances are recovered, for which one of the existing schemes of foreign companies is used.

We simulate the process of hydromechanical separation of sediment after fermentation of mulberry juice into fractions in the field of centrifugal forces. To this end, we denote the input and output parameters of the process as follows.

a_1 , atr_1 , atn_1 , av_1 - respectively, the concentration of the incoming juice, solid soluble, solid insoluble components and water in the incoming juice; atr_2 , atn_2 , av_2 - concentration of solids, including solid soluble, solid insoluble components and water in a thick mass; atr_3 , atn_3 , av_3 - concentration of solids, including solid soluble, solid insoluble components and water in clarified juice; G_1 , G_2 , G_3 - costs, respectively, of the original juice (input), thick mass (output), clarified juice (output).

For compiling a mathematical description and its study in the form of a model, it is favorable to use relative dimensionless quantities.

Let us compose the material balance equations for the juice components entering the centrifuge and releasing them together with the clarified juice and thick mass. The solids concentration of the solid component as a whole consists of the concentrations of solid soluble and insoluble components

$$a_{t1} = a_{t1} + a_{tn1} \quad (1)$$

Hence, the relative dimensionless value of water concentration is determined

$$a_{v1} = 1 - a_{t1} \quad (2)$$

The amount of solids entering the centrifuge is determined by the following expression

$$g_{v1} = G_1 \cdot a_{v1} \quad (3)$$

The amount of soluble component entering the centrifuge along with the juice

$$g_{r1} = G_1 \cdot a_{r1} \quad (4)$$

The amount of insoluble component entering the centrifuge along with the juice

$$g_{n1} = G_1 \cdot a_{n1} \quad (5)$$

The total amount of the solid component entering the centrifuge along with the juice

$$g_{t1} = G_1 \cdot a_{t1} \quad (6)$$

The total concentration of the solid component in the juice includes the solid soluble and insoluble components

$$a_{t3} = a_{r3} + a_{n3} \quad (7)$$

The concentration of water in the juice is determined by the following equation

$$a_{v3} = 1 - a_{t3} \quad (8)$$

The amount (consumption) of the insoluble component in the original juice and in the thick mass is assumed to be equal, i.e.

$$g_{n1} = g_{n2} \quad (9)$$

Juice consumption is determined as follows

$$G_3 = \frac{g_{n3}}{a_{n3}} \quad (10)$$

The proportion of water in the juice is determined by the following expression

$$g_{v3} = G_3 \cdot a_{v3} \quad (11)$$

The proportion of the solid soluble component in the clarified juice is determined by the following expression

$$g_{r3} = G_3 \cdot a_{r3} \quad (12)$$

The solid component in clarified juice consists of soluble and insoluble components (the proportion of insoluble component is zero $g_{n3} = 0$)

$$g_{t3} = g_{n3} + g_{r3} \quad (13)$$

The ratio of costs of clarified juice and thick mass with the original is as follows

$$G_3 = G_1 - G_2 \quad (14)$$

For moisture consumption in clarified and initial juices, as well as in a thick mass, the following expression can be written

$$g_{v3} = g_{v1} - g_{v2} \quad (15)$$

There is no insoluble component in the clarified juice

$$g_{n3} = 0 \quad (16)$$

Soluble dry matter in is distributed as follows

$$g_{r3} = g_{r1} - g_{r2} \quad (17)$$

The total amount of solids in the juice consists only of the solid soluble component

$$g_{t3} = g_{r3} \quad (18)$$

The concentration of water in the juice is determined by the following expression

$$a_{v3} = \frac{g_{v3}}{G_3} \quad (19)$$

The concentration of the insoluble component in the juice clarified by centrifugation is determined by the following expression

$$a_{n3} = \frac{g_{n3}}{G_3} \quad (20)$$

The concentration of the soluble component in the juice clarified by centrifugation is determined by the following expression

$$a_{r3} = \frac{g_{r3}}{G_3} \quad (21)$$

The total concentration of the solid component in juice clarified by centrifugation is determined by the expression

$$a_{t3} = \frac{g_{t3}}{G_3} \quad (22)$$

The system of equations (1-22) is a mathematical description of the silkworm juice centrifugation process. It is investigated for the range of changes in

the amount of dry substances in the mulberry pulp and the ratio of their water-soluble (S) and water-insoluble (IS) components in order to obtain a concentrate of a given concentration according to the proposed low-temperature technology [9, 10].

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{t1} = a_{r1} + a_{n1}; \\ a_{v1} = 1 + a_{t1}; \\ g_{v1} = G_1 \cdot a_{v1}; \\ g_{r1} = G_1 \cdot a_{r1}; \\ g_{n1} = G_1 \cdot a_{n1}; \\ g_{t1} = G_1 \cdot a_{t1}; \\ a_{t3} = a_{r3} \cdot a_{n3}; \\ a_{v3} = 1 - a_{t3}; \\ g_{n1} = g_{n2}; \\ G_3 = \frac{g_{n3}}{a_{n3}}; \\ g_{v3} = G_3 \cdot a_{v3}; \\ g_{r3} = G_3 \cdot a_{r3}; \\ g_{t3} = g_{n3} \cdot g_{r3}; \\ G_3 = G_1 - G_2; \\ g_{v3} = g_{v1} \cdot g_{v2}; \\ g_{r3} = g_{r1} \cdot g_{r2}; \\ g_{t3} = g_{r3}; \\ a_{v3} = \frac{g_{v3}}{G_3}; \\ a_{n3} = \frac{g_{n3}}{G_3}; \\ a_{r3} = \frac{g_{r3}}{G_3}; \\ a_{t3} = \frac{g_{t3}}{G_3}; \end{array} \right. \quad (23)$$

For installations with processes that are fast and simple in terms of dynamics, the optimization procedure is carried out based on its cost and current costs - the consumption of electricity to rotate the centrifuge drum. Prof. K.O. Dodaev previously obtained an equation for determining the optimal flow rate when concentrating tomato juice [4].

Mathematical model of economic indicators of the process of hydromechanical separation of silkworm juice.

Given the known initial values of the suspension parameters, the water content in the suspension and the residual water content in the thick mass after centrifugation or the flow rate of pumped water, as well as the geometric and kinematic characteristics

of the centrifuge, it is possible to determine the energy consumption spent on centrifugation, which is mathematically expressed in the following form

$$N = f(G_1, X_0, X_1, \dots) \quad (24)$$

When determining the power of the electric motor N_{el} of the centrifuge, the expressions obtained for the individual components of the power consumption are used, which are given below [11, 12].

The power required to communicate the kinetic energy of the ejected liquid N_1 , the power required to overcome the frictional forces against the air N_2 , the power required to overcome the frictional forces in the support bearings N_3 , the power required to eject sediment through the discharge slots N_4 .

$$N_{эл} = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}{\eta} \quad (25)$$

However, for practical calculations, a simplified formula for calculating the power of an electric motor is used

$$N_{обм} = 1000 \cdot M \cdot H_6 \cdot \frac{3}{6} n \cdot r^4 \quad (26)$$

where M is the coefficient ($M = 0.016 - 0.018$); H_b - height of the centrifuge drum, m; n - drum rotation frequency, s⁻¹; r - maximum radius of the drum, m.

Annual electricity costs in kW*h are determined by the expression

$$N_9 = N_{обм} \cdot \tau_{ces} \quad (27)$$

where τ_{sz} is the resource of working time in the season, hour.

The cost of electricity during centrifugation is one of the most significant current costs spent on the separation of mulberry juice into components in the field of centrifugal forces.

Production costs for pulp centrifugation are determined by the following expression

$$Z_c = \frac{A \cdot G_1}{G_r} + \frac{C_9 \cdot N_9}{3600 \cdot G_1 \cdot \tau_{ces}} \quad (28)$$

$$K = \frac{G_1}{G_m}$$

Here A is the depreciation of capital investments. They are defined by the following expression

$$A = \frac{C_c E_H}{G_1 \tau_{ces} 3600} \quad (29)$$

where C_c, C_e - respectively, the cost of the centrifuge and 1 kWh of electricity, soum; Yen - normative coefficient of depreciation; G_1 - current productivity of the centrifuge, kg/s; G_r - theoretical productivity of the centrifuge, kg/s; K - factor of centrifuge use, under normal conditions of operation of the workshop, K can be equal to one, the smaller K , the less the centrifuge is used in production, sometimes the value of K exceeds one, this goes without saying the optimal mode of using the centrifuge.

The resulting system of equations (30) is a mathematical description of the material balance of the suspension centrifugation process. Equations (28) and (29) are necessary to study the optimal parameters of the centrifugation process of mulberry pulp [10,11].

$$\begin{cases} n_{обм} = 1000 \cdot M \cdot H_6 \cdot n_6^3 \cdot r^4; \\ A = \frac{C E_H}{G_1 \tau_{ces} 3600}; \\ n_9 = N_{обм} \cdot \tau_{ces}; \end{cases} \quad (30)$$

Conclusions.

1. The method of hydromechanical decontamination of fermented juice sediments and further evaporation of the clarified juice of mulberry fruits was studied. A mathematical model of the centrifugation process was obtained, including the material balance equations for the concentrations of water-soluble P and insoluble HP of dry substances, a model for optimizing the economic indicators of centrifugation.

2. The study of a complex of processes occurring in complex technological lines, described by algebraic and differential equations, was implemented using the MATLAB complex program and its SIMULINK part, the MATHCAD program. The results of studies of the mathematical model in a wide range of variation of the input parameters of the process are presented. The analysis of the results obtained with respect to the weight of the parameters influencing the course of the sediment decontamination process is carried out.

An iterative algorithm for solving the system of transcendental balance equations is proposed. The results of the study turned out to be adequate to the results of calculating the evaporation of moisture from the phase interface in the separators of the evaporator complex by changing the interfacial equilibrium and partial pressures of steam and water. They are also

identical to the results of industrial experiments.

vacuum evaporator was also optimized.

3. The optimization of the juice centrifugation process at the stage of sediment decantation, obtained by fermentation of the original raw juice, was also optimized, the evaporation process in a multi-vessel

4. A number of parameters were obtained experimentally, the centrifugation of fermented mulberry juice was also investigated.

References

1. Zhabbarova S.K. Influence of sweeteners and sweeteners on the safety of confectionery // Universum: Technical sciences: electronic scientific journal. -2019. -№ 2. -pp.59 - 63.
2. Zhabbarova S.K. Isabaev I.B., Khaidar-Zade L.N. Improving the production technology of custard gingerbread products using natural sugar-containing additives // Scientific and technical journal "Development of science and technology". - Bukhara: Sharq-Buxoro Publishing House. -2020. -№ 4. - pp.182-189.
3. Artikov A.A., Mamatkulov A.Kh., Yakhshimuradova N.K., Dodaev K.O. System analysis of the concentration of solutions with an inert gas. Tashkent "Fan". 1986. -164 p.
4. Gündoğdu M., Kan T., Canan I. Bioactive and Antioxidant Characteristics of Blackberry Cultivars from East Anatolia. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 2016, 40(3) - pp.344-351.
5. Sultanova Sh.A., Abhijit Tarawade, Usenov A.B. , Davidov V., Ablayev I. Modern extraction methods for medicinal plant // Innovations in the agro-industrial sector of Uzbekistan and integration of trends in processing of agricultural raw materials in the countries of Central Asia and Kazakhstan" 29 November - 5 December.-2021.-Tashkent.
6. Khodzhaeva M.A., Turakhodzhaev M.T., Rakhmanzade E. Carbohydrates MeLO Zard Pang // Chemistry of natural compounds. - 1999. No. 4. -WITH. -pp. 142-144.
7. Taubman E.I. Evaporation. - M.: Chemistry.- 1982. -327 p.
8. Panfilov V.A. Scientific basis for the development of technological lines of food production. -M.: Agropromizdat.- 1986. -288 p.
9. Fruit and berry and vegetable juices: Per. with him. /Schobinger W./ Pod. ed. Ph.D. A.N. Samsonova. -M.: Light and Food Industry.- 1982. -472 p.
10. Dodaev K.O. Development of the initial foundations for the intensification of heat and mass transfer processes in tomato processing. Thesis of Dr. tech. Sciences.- Tashkent.- 2006 -260 p.
11. Maksumova D.K. Improving processes and apparatus for the complex processing of melons and their instrumentation / Dis. cand. those. Sciences. Tashkent.- 2010. -145 p.
12. Zhuraev Kh.F., Choriev A.Zh., Artikov A.A., Dodaev K.O., Khikmatov D.N., Safarov O.F., Mekhmonov I.I. Intensification of the process of heat and mass transfer during the complex processing of agricultural products // Storage and processing of agricultural raw materials. No. 11.- 2003. -pp.47-48.

Information about authors:

Samandarov A.I. - doctoral student of Urgench State University, Urgench, Uzbekistan, e-mail:

abrор_samandarov0723@mail.ru;

Maksumova D.K. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, e-mail: d.maksumova@bk.ru;

Dodaev K.O. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent Uzbekistan, e-mail: Dodoev@rambler.ru.

Сведения об авторах:

Самандаров А.И.- докторант Ургенчского государственного университета, Ургенч, Узбекистан, e-mail:

abrор_samandarov0723@mail.ru:

Максумова Д.К - кандидат технических наук, доцент Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан, e-mail: d.maksumova@bk.ru;

Додаев К.О. - доктор технических наук, профессор, Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан, e-mail: Dodoev@rambler.ru

MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS EVAPORATION OF MULBERRY FRUITS JUICE

A.I. Samandarov^{1*}, D.K. Maksumova², K.O. Dodaev²

¹Urgench State University, Urgench, Uzbekistan,

²Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent,

e-mail: abror_samandarov0723@mail.ru

When evaporating the juice of mulberry fruits, a differential equation was obtained for changing the amount of liquid over time, expressed as a material balance, converted to the liquid level in the separator of the evaporator, an expression for the density of the liquid, its flow rates at the inlet and outlet of the apparatus, the differential equation for changing the temperature of the liquid over time. Using the reference data of the state of water and steam, equations for the temperature, enthalpy of liquid and dry steam are obtained. A system of equations has been obtained - a mathematical model of the dynamics of the process of liquid evaporation in a single-vessel vacuum evaporator. Using the SIMULINK part of the MATLAB program, a computer model for solving equations was compiled. Some results of studies of the evaporation of mulberry juice on a five-case vacuum evaporator are given, the optimal number of stages of the complex is found.

Since the calculation of the process of evaporation of water vapor is associated with the thermodynamic parameters of the state of water, it is necessary to obtain equations for the dependence of the boiling point of water, the heat of vaporization of water, the enthalpy of steam, the enthalpy of water on pressure. Experimental data have been obtained for a long time, they are successfully used, however, there are no uniform empirical equations used by all researchers.

Using the capabilities of the MATLAB program, by statistical processing of tabular data, we obtain empirical equations in the form of polynomials for the state of water and water vapor, describing the real picture with an accuracy of 98% or more.

Keywords: heat balance, enthalpy, material balance, concentrate, computer model.

ПРОЦЕСТИ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ТҮТ ЖЕМИСІ ШЫРЫНЫН БУЛАНДЫРУ

A.I. Samandarov^{1*}, D.K. Maksumova², K.O. Dodaev²

¹Үргеніш мемлекеттік университеті, Үргеніш, Өзбекстан,

²Ташкент химия-технологиялық институты, Ташкент, Өзбекстан,

e-mail: abror_samandarov0723@mail.ru

Тұт жемістерінің шырынын булану кезінде сұйықтық мөлшерін уақыт бойынша өзгертуге дифференциалдық теңдеу алынды, материалды баланс түрінде өрнектеледі, буландырғыштың сепараторындағы сұйықтық деңгейіне түрленеді, сұйықтықтың тығыздығының өрнегі, аппараттың кіріс және шығысындағы оның шығыны, сұйықтық температурасын уақыт бойынша өзгертуге арналған дифференциалдық теңдеу. Су мен бу күйінің анықтамалық мәліметтерін пайдалана отырып, температура, сұйық және құрғақ бу энтальпиясының теңдеулері алынады. Теңдеулер жүйесі алынды - бір ыдысты вакуумды буландырғыштағы сұйықтың булану процесінің динамикасының математикалық моделі. MATLAB бағдарламасының SIMULINK бөлігі арқылы теңдеулерді шешудің компьютерлік моделі құрастырылды. Бес корпусы вакуумды буландырғышта тұт шырынын булану зерттеулерінің кейбір нәтижелері келтірілген, кешеннің оңтайлы сатыларының саны табылған.

Су буының булану процесін есептеу су күйінің термодинамикалық параметрлерімен байланысты болғандықтан, судың қайнау температурасына, судың булану жылуына, бу энтальпиясына тәуелділік теңдеулерін

алу қажет. , қысымдағы судың энтальпиясы. Эксперименттік мәліметтер ұзақ уақыт бойы алынған, олар сәтті қолданылуда, бірақ барлық зерттеушілер қолданатын біркелкі эмпирикалық тендеулер жоқ.

MATLAB бағдарламасының мүмкіндіктерін пайдалана отырып, кестелік мәліметтерді статистикалық өңдеу арқылы нақты суретті 98% және одан жоғары дәлдікпен сипаттайтын су мен су буының күйі үшін көпмүшелік түріндегі эмпирикалық тендеулерді аламыз.

Түйінді сөздер: жылу балансы, энтальпия, материал балансы, концентрат, компьютерлік модель.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫПАРИВАНИЯ СОКА ПЛОДОВ ТУТОВНИКА

А.И.Самандаров^{1*}, Д.К.Максумова², К.О.Додаев²

¹Ургенчский государственный университет, г. Ургенч, Узбекистан,

²Ташкентский химико-технологический институт, г. Ташкент, Узбекистан,

e-mail: abror_samandarov0723@mail.ru

При выпаривании сока плодов тутовника получено дифференциальное уравнение изменения количества жидкости по времени, выраженное в виде материального баланса, преобразовано до уровня жидкости в сепараторе выпарного аппарата, выражение для плотности жидкости, её расходов на входе и выходе аппарата, дифференциальное уравнение изменения температуры жидкости по времени. Воспользуясь справочными данными состояния воды и водяного пара, получены уравнения для температуры, энтальпии жидкости и сухого пара. Получена система уравнений - математическая модель динамики процесса выпаривания жидкости в однокорпусном вакуум-выпарном аппарате. Используя часть SIMULINK программы MATLAB составлена компьютерная модель решения уравнений. Приведены некоторые результаты исследований выпаривания тутового сока на пятикорпусной вакуум-выпарной установке, найдено оптимальное количество ступеней комплекса.

Поскольку расчет процесса выпаривания паров воды связан с термодинамическими параметрами состояния воды необходимо получить уравнения зависимости температуры кипения воды, теплоты парообразования воды, энтальпии пара, энтальпии воды от давления. Экспериментальные данные получены давно, успешно используются, однако единых эмпирических уравнений, используемых всеми исследователями не существуют.

Воспользуясь возможностями программы MATLAB, путем статистической обработки табличных данных, получим эмпирические уравнения в виде полиномов для состояния воды и водяного пара, описывающие реальную картину с точностью 98% и более.

Ключевые слова: тепловой баланс, энтальпия, материальный баланс, концентрат, компьютерная модель.

Introduction. A literary study of the process of evaporation of food solutions has shown the feasibility of their evaporation in multi-vessel vacuum evaporators. We have to solve the problem of modeling the process of evaporating clarified mulberry juice and choosing the number of plant buildings on the basis of computer research. To this end, we simulate the process of evaporating water from the composition of the juice in a single-vessel vacuum evaporator. Further, it is possible to carry out a gradual transition to two-, three-, four-, and five-case installations. Let us denote the input and output parameters of the process as follows [1, 2, 3, 5].

It is known that when modeling one stage of any

process, the hydrodynamic structure of the flow is taken in the form of ideal mixing or ideal displacement. When compiling our model, the simulation object is taken as one cell of ideal mixing. At the next stage, when moving from one body to the entire installation, each body of the apparatus is taken as a separate cell of ideal mixing. They are combined accordingly and a cell model of countercurrent flows is adopted [4, 6, 7, 8, 9].

Methods and materials. The change in the amount of liquid over time is expressed by the equations of material balance, i.e. it depends on the difference between the flow rates of the incoming and outgoing liquids and the evaporated moisture [6, 9, 10,11]

$$\frac{dm}{d\tau} = G_s - G_f - G_2 \quad (1)$$

where m is the amount of liquid mixture in the body of the apparatus, [kg]; G_n - flow rate of juice entering the apparatus, G_k - flow rate of the liquid mixture leaving through the bottom of the apparatus, [kg / s]; G_2 is the flow rate of the evaporating liquid (secondary steam), [kg/s].

To express mass in terms of volume and density, we use the following equations:

$$m = V\rho = SH\rho \quad (2)$$

where V is the volume of liquid in the apparatus, [m³]; ρ is the liquid density, [kg/m³]; S is the cross-sectional area of the apparatus, [m²]; H is the liquid level in the apparatus, [m];

Using formula (2), for the capacity of the body of the apparatus, the change in the liquid level in the apparatus is expressed by the following differential equation:

$$\frac{dH_f}{d\tau} = \frac{1}{S\rho}[G_s - G_f - G_2] \quad (3)$$

where H_s is the current liquid level in the separator of the evaporator, [m]; ρ is the density of the liquid mixture, [kg/m³].

The value of the density of the liquid mixture is within the density of pure water and solids dissolved in water. Density can be calculated using the formula below

$$\rho = \rho_{fr} \cdot a_f + 1000 \cdot (1 - a_f) \quad (4)$$

ρ_{fr} - is the density of the pure product, [kg/m³]; a_f - current concentration of solids in juice, [kg/kg]; 1000 - pure water density, [kg/m³].

The flow rate of the liquid flowing from the apparatus has a functional dependence on the height of the liquid in the apparatus, i.e. the greater the hydrostatic pressure, the greater the fluid flow. If we consider this dependence in the simplest case to be proportional, then the equation for the flow rate takes the following form:

$$G_f = K_1 H_f \quad (5)$$

In fact, this dependence is not proportional, but has a more complex character. In addition, equation

(3-4) does not take into account the viscosity of the evaporated liquid.

The flow rate of water vapor released from the mixture in one body of the apparatus is determined from the basic equation of the heat exchange process. The driving force of the process is the temperature difference.

$$G_2 = k_2(t_f - t^*) \quad (6)$$

where t^* is the boiling point of the liquid in the apparatus case under vacuum (equilibrium temperature), [°C].

Having determined the flow rate of the liquid entering the apparatus, the amount of solids entering together with the liquid, the flow rate of the liquid flowing from the apparatus, the flow rate of deaf steam heating to evaporate moisture, the flow rate of evaporated moisture, we can obtain an equation for determining the concentration of solids in the flowing liquid.

$$\frac{da_f}{d\tau} = \frac{1}{SH\rho}[G_s a_s - G_f a_f] \quad (7)$$

Using the heat balance, one can obtain a differential expression for the change in liquid temperature over time

$$\frac{da_f}{d\tau} = \frac{1}{SH\rho c}[G_s c t_s - G_f c t_f - G_2 i_{ss} + D i_s - D i_k] \quad (8)$$

where c is the heat capacity of the liquid mixture, [kJ/(kg °C)]; i_s, i_k - enthalpy of steam supplied to the annular space of the apparatus and condensate, [kJ/(kg °C)]; D_s, D_k is the flow rate of blind steam supplied to the annular space and condensate [kg/s].

Since the calculation of the process of evaporation of water vapor is associated with the thermodynamic parameters of the state of water, it is necessary to obtain equations for the dependence of the boiling point of water, the heat of vaporization of water, the enthalpy of steam, the enthalpy of water on pressure. Experimental data have been obtained for a long time, they are successfully used, however, there are no uniform empirical equations used by all researchers.

Using the capabilities of the MATLAB program, by statistical processing of the tabular data given in, we obtain empirical equations in the form of polynomials for the state of water and steam, describing the real picture with an accuracy of 98% or more.

The empirical dependence of the boiling point of a liquid on the pressure in the apparatus, obtained by processing tabular data, has the form:

$$t^* = -0.00059 \cdot p_2 + 0.48 \cdot p + 51 \quad (9)$$

The empirical dependence of the heat of vaporization of water on the pressure in the apparatus, obtained by processing tabular data, has the form:

$$i' = -2.5 \cdot p_2 + 2000 \cdot p + 210000 \quad (10)$$

The empirical dependence of the liquid enthalpy on the pressure in the apparatus, obtained by processing tabular data, has the form:

$$r = 1.4 \cdot p_2 - 1200 \cdot p + 2400000 \quad (11)$$

The empirical dependence of the enthalpy of dry saturated steam on the pressure in the apparatus, obtained by processing tabular data, has the form:

$$i'' = -p_2 + 800 \cdot p + 2600000 \quad (12)$$

Using the capabilities of the MATLAB program, we obtained empirical equations in the form of polynomials for the state of water and water vapor by statistical processing of tabular data. Such polynomials describe the real picture with an accuracy of 99.9% or more. These empirical equations are also included in the mathematical model of the mulberry juice evaporation process.

The system of equations (1-12) is a mathematical model of the dynamics of the liquid evaporation process in a single-vessel vacuum apparatus. Using the SIMULINK part of the MATLAB program, you can create a computer model for solving equations.

Having studied the process of moisture distillation in one-, two-, three-, four-, and five-case evaporator complexes, it is possible to compile a mathematical model of the economic indicators of the process.

The above equations are combined into a general system of equations (1-12), which is a mathematical description of the current single-vessel continuous vacuum evaporator plant. The mathematical model includes the equations of material and heat balances in the MVVE, as well as the empirical equations for the dependences of the boiling point, the heat of vaporization and the enthalpy of water, as well as the enthalpy of steam on the pressure in the apparatus. The problem is reduced to the study of the dynamic

characteristics of changes in concentrations, juice temperature and the height of the liquid layer in the separator of a vacuum evaporator on a mathematical model [11, 12, 13].

The study of the mathematical model of the process of evaporation of the volatile component in the range of variations of the input parameters of the process and the analysis of the results obtained allows us to judge the dynamics of the evaporation process in a single-vessel apparatus. By accepting the output parameters of the process as the input of the subsequent vessel, it is possible to calculate the installation with any number of vessels.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dH_f}{d\tau} = \frac{1}{SH\rho} [G_s - G_f - G_2] \\ G_f = k_1 H_f \\ G_2 = k_2 (t_f - t^*) \\ \frac{da_f}{d\tau} = \frac{1}{SH\rho} [G_s a_s - G_f a_f] \\ \frac{dt_s}{d\tau} = \frac{1}{SH\rho c} [G_s c t_s - G_f c t_f - C_2 i_{ss} + D i_s - D i_k] \\ \rho = f(a) = \rho_{fr} \cdot a_f + 1000 \cdot (1 - a_f) \\ m = V\rho = SH\rho \\ t^* = -0.00059 \cdot p_2 + 0.48 \cdot p + 51 \\ i' = -2.5 \cdot p_2 + 2000 \cdot p + 210000 \\ r = 1.4 \cdot p_2 - 1200 \cdot p + 2400000 \\ i'' = -p_2 + 800 \cdot p + 2600000 \end{array} \right. \quad (1-12)$$

To solve a system of equations, it is necessary to integrate its differential equations with respect to time. For example, in order to determine the height of the liquid column H from the equation, you must perform the following calculation:

$$H = \int_0^r \frac{dH}{d\tau} \quad (13)$$

This method is also used in solving equations (3-7) and (3-8), thereby determining the concentration of solids in the outflowing liquid a_k and the temperature of the liquid mixture.

Results and discussion. The initial temperature of mulberry fruits at the entrance to the apparatus should not exceed $t_n=90^\circ\text{C}$. Residual pressure in the first building of the multi-case vacuum evaporator complex plant P = 61 kPa, in the second - 31 kPa, in the third and fourth - 8 kPa and the fifth - 5 kPa each. The

flow rates of blind steam supplied to the steam jacket of each of the evaporators are predetermined and are, respectively, $D(1)=0.93$ kg/s;

- change in the concentration of solids at the outlet of the apparatus over time - the dynamics of the process (Fig. 1). Incoming juice concentration is $\approx 22\%$. Within 4000 s, it reaches its maximum value and equals 48%. No further increase in concentration in the first vessel of the vacuum evaporator is observed. The conclusion is that in the first building of the vacuum evaporator, the residence time of the juice should be no more than 4000 s;

- change in the temperature of the juice at the exit - the dynamics of the process (Fig. 2). The temperature of the juice entering the apparatus decreases due to the evaporation of moisture. Within 70 s it reaches 87.8°C , i.e. cooled by 2.2°C ; Juice is supplied to the first building of the multi-vessel vacuum evaporator at the maximum attainable temperature (about 90°C) so that excessive cooling of the juice does not occur, because there are further stages of evaporation. Temperature losses are associated with the evaporation of moisture, they are replenished by heating the body of the apparatus with deaf steam;

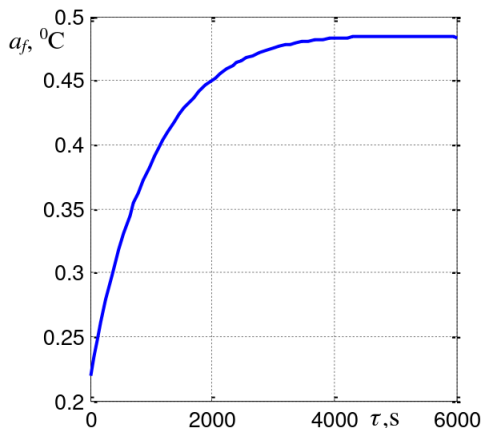


Fig.1 - Graph of the change in the concentration of solids at the outlet over time

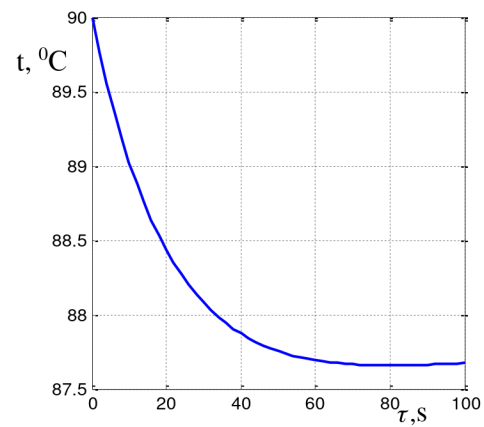


Fig.2 - Graph of the temperature of the liquid at the outlet over time

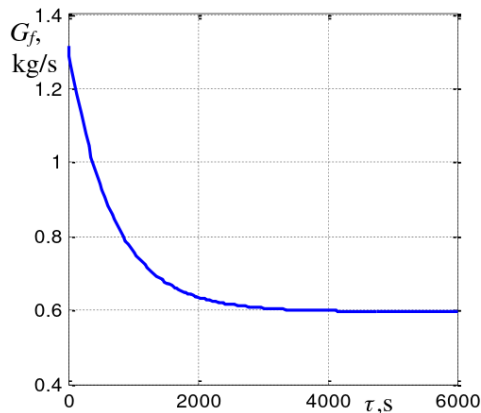


Fig.3 - Graph of change in fluid

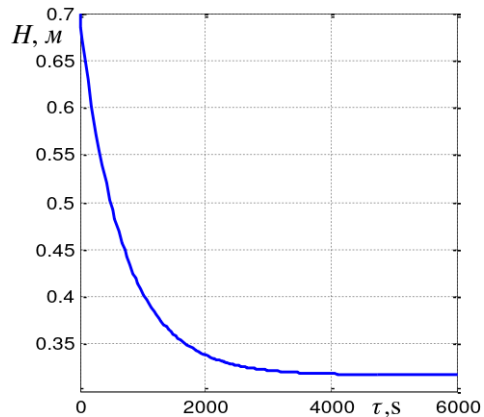


Fig.4 - Graph of the dependence of the height of the liquid in the apparatus on time

- change in juice consumption at the outlet of the evaporator over time - the dynamics of the process (Fig. 3). The flow rate of concentrated juice at the outlet

of the apparatus must vary depending on the flow rate at the inlet of the evaporator and the concentration at the inlet and outlet, or the flow rate of the secondary

steam evaporated from the evaporator. In the analyzed case, the liquid flow after a period of time of 3000 s decreases from 1,39 kg/s to 0,6 kg/s, then a constant (steady) mode of juice evaporation is established. In the case under study, the transition period is 4000 s. The curve is quadratic, the period of flow change from 1,39 [kg/s] to 0,6 [kg/s] is only 2000 s, but the decrease in flow lasts up to 4000 s;

- change in the height of the liquid in the apparatus H [m] over time, [s] (Fig. 4). The height of the liquid column in the apparatus is necessary to maintain the

flow of processed juice through the lower branch pipe of the apparatus. In the case of an increase in height, the flow through the nozzle increases and vice versa, with a decrease in height, the height of the liquid column decreases [14, 15, 16].

The logical conclusion of mathematical modeling and the research procedure for the process of multi-vessel juice evaporation should be aimed at studying the economic indicators of the process. Below is a program for studying the process of concentrating in an VEC.

Mathematical model for the study of economic indicators of the process of evaporating juices in VEC

```
function Zevp = Zv ( Gk )
format short
Cva = 225000000;
En = 0.15;
Gk = 0.3
tau_sez = 2400;
A = Cva * En / ( Gk * tau_sez * 3600 )
Nmax = 5.5;
Ce = 64.2;
Zvak = Nmax * Ce / ( 3600 * Gk )
Cn = 420;
D = 0.93;
Zn = Cn * D / ( 1000 * Gk )
Zv = Cc*Gv
Zvip = A + Zn + Zvak +Zv
```

Figure 5 shows the dependence of the change in costs per unit of production [sum/kg] on the final productivity of the VEC Gk at Gn = 1,39 kg/s.

The program for displaying research results in the form of a graphical dependence

```
Gf = [0.2 0.25 0.3 0.35 0.4 0.45 0.5];
for i=1:7
Zvip (i) = Zv (Gk (i));
End
Plot (Gk, Zvip, '-o')
grid on
xlabel ('Gf, [kg/s]')
ylabel ('Zv, [sum/kg]')
Zevp = [ ];
```

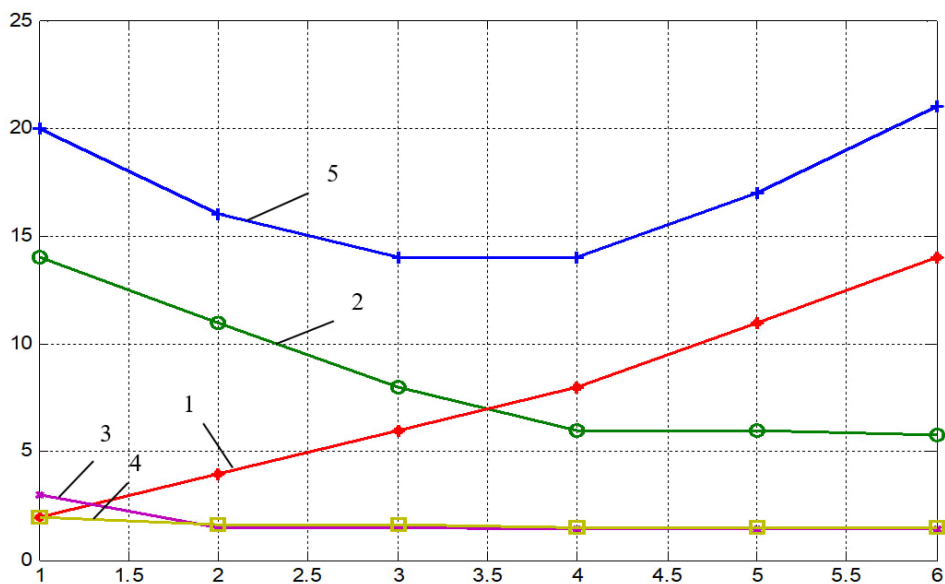


Fig.5 - Dependence of costs per unit of evaporated juice on the number of IDP cases
Number of devices VEC, n

1-cost of apparatuses, 2-costs for heating apparatuses with deaf steam, 3-costs for creating a vacuum in the VEC, 4-costs for condensing secondary vapors with cold water, 5-curve for the sum of all costs for evaporation in the VEC.

In the range of final juice consumption G_{evp} from 0.2 to 0.5 kg/s, the cost of producing a unit of production decreases from 22 to 8.8 kg/s. This indicates that the greater the productivity of the apparatus, the lower the cost of producing a unit of output. In the range of our research, with an increase in productivity by $0.5/0.2=2.5$ times, the cost per unit of output also decreases by $22/8.8 = 2.5$ times. This suggests that the cost change curve Z_v for productivity G_f is symmetrically proportional. The optimal value of costs per unit of production is selected based on the possibility of choosing the input parameters of the process and the design features of the devices of the VEC complex.

At the same time, from the curve of the total cost values for the production of silkworm raft concentrate (curve 5), it can be seen that the optimal number of VEC devices lies in the range of 3-4.

Conclusion. A mathematical model of the process of evaporating clarified mulberry juice in a single-vessel vacuum evaporator has been obtained, a way has been established for using the obtained mathematical model in multi-vessel vacuum evaporators, thereby mathematical modeling of the process of obtaining concentrates of fruit, berry and vegetable juices in the centrifugation system forces) - evaporation. The adequacy of the mathematical model of the system to the real process has been established on the example of concentrating the juice of mulberry fruits. The results of model studies are obtained and analyzed.

Mathematical modeling of the juice evaporation process allows you to determine the number of cases that provides the minimum energy costs for juice concentration, which is 3-4. The simulation results were used to compile a mathematical description of economic indicators and further optimize the evaporation process.

References

1. Panfilov V.A. Scientific basis for the development of technological lines of food production. -M.: Agropromizdat, 1986. -288 p.
2. Taubman E.I. Evaporation. - M.: Khimiya, 1982. -327 p.

-
3. Fruit and vegetable juice: translation from German / Shobinger U. / Pod. ed. Ph.D. A.N. Samsonova. -M.: "Light and food industry, 1982. - 472 p.
 4. Dodaev K.O. Development of the Scientific Foundations for the Intensification of Heat and Mass Transfer Processes of Tomato Processing. Dissertation Ph.D. tech. science Tashkent. 2006. -260 p.
 5. Artikov A.A., Mamatkulov A.Kh., Yakhasmuradova N.K., Dodaev K.O. Systemic analysis of concentration of solutions in inert gas. Monograph. Tashkent: publishing house "Fan", 1986. -164 p.
 6. Pavlov K.F., Romankov P.G., Noskov A.A. Examples and tasks for the course of processes and apparatus of chemical technologies. -L.: Chemistry, Leningrad branch,1981.-600 p.
 7. Maksumova D.K. Improving the processes and apparatus for the complex processing of melons and their instrumentation / Dis. sugar tech. science Tashkent 2010. -145 p.
 8. Abdurakhmanov O.R. Modeling and optimization of the process of obtaining tomato paste in the centrifugation- evaporation system / Dis... kand. tech Nauk. -Tashkent: TXTI. 2000. -161 p.
 9. Juraev H.F., Choriev A.J., Artikov A.A., Dodaev K.O., Khikmatov D.N., Safarov O.F., Mekhmonov I.I. Intensification of the heat-mass transfer process in complex processing of agricultural products // Storage and processing of agricultural raw materials. №11. 2003. -pp.47-48.
 10. F.Eshmatov, K.Dodaev, X.Xasanov. Processing of pomegranate fruits into juices and concentrates. J. «Beer and drinks». Limited liability company «Pishepromizdat», № 2, M.: 2005.- pp.46-47.
 11. K.Dodaev. Scientific basis of intensification and instrumentation of tomato processing processes. Monograph. Tashkent. Fan Publishing House.- 2005. -123 p.
 12. D.Maksumova, K.Dodaev, F.Eshmatov, A.Choriev. Mathematical modeling and research of the process of processing fruits and vegetables into juices and purees // Journal of Chemical Technology. Control and management. Tashkent. №3. 2014. -pp.23-28.
 13. K.O. Dodaev, I.T. Abdukadirov, H.F. Dzhuraev, R.A. Babayarov, A.Zh. Choriev, D.K. Dodaeva, D.A. Rakhimov, I.A. Ivanova. Peculiarities of melons and gourds processing // Food industry magazine. - Moscow, 2002. - No. 11. -pp.40-45.
 14. Artikov A.A., Mamatkulov A.Kh., Yakhsimuradova N.K. , Dodaev K.O. System analysis of the concentration of solutions with an inert gas. Monograph. Tashkent. Fan Publishing House, 1986. -164 p.
 15. <https://floristics.info>. - Date of the application - 20.07. 2023
 16. <https://kfh-fruktovyjsad.ru>. - Date of the application -20.07. 2023

Information about authors

Samandarov A.I.- doctoral student of Urgench State University, Urgench Uzbekistan, e-mail:

abror_samandarov0723@mail.ru;

Maksumova D.K. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, e-mail:d.maksumova@bk.ru;

Dodaev K.O. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent Uzbekistan, e-mail:Dodoev@rambler.ru.

Сведения об авторах

Самандаров А.И.- докторант Ургенчского государственного университета, Ургенч Узбекистан,

e-mail: abror_samandarov0723@mail.ru;

Максумова Д.К. - кандидат технических наук, доцент Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан, e-mail: d.maksumova@bk.ru;

Додаев К.О. - доктор технических наук, профессор, Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан, e-mail: Dodoev@rambler.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНО ОБОГАЩЕННОГО МЯСНОГО ПРОДУКТА С КЛАТРАТНО КАПСУЛИРОВАННЫМИ ВИТАМИНАМИ

А. Искинеева¹, А. Мустафаева¹, Р. Бакирова², С. Фазылов^{3*},

¹Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, Астана, Казахстан,

²Медицинский университет Караганды, Караганда, Казахстан,

³Институт органического синтеза и углехимии, Караганда, Казахстан,

e-mail: iosu8990@mail.ru

В статье проведено исследование технологические характеристики функционально обогащенного мясного продукта с клатратно капсулированными витаминами. Путем анкетирования среди покупателей изучен торговый ассортимент мясной продукции на крупных городских торговых центрах. Рассмотрены результаты изучения частоты употребления мяса студентами университетов в пяти регионах Казахстана. Установлено, что наибольшим спросом у потребителей пользуется мясо говядины, конины и птицы. Мясо баранины и свинины не пользуется широким спросом. Представлены результаты исследований по разработке функционально обогащенного мясного продукта с инкапсулированными олигосахаридом витаминными добавками. Установлено, что образцы мясных продуктов соответствуют по органолептическим показателям и требованиям нормативно-технической документации на данный вид продукции.

Ключевые слова: функциональные продукты, мясные изделия, мясной ассортимент, капсулированные витамины.

КЛАТРАТТЫ КАПТАЛҒАН ДӘРУМЕНДЕРІ БАР ФУНКЦИОНАЛДЫ БАЙЫТЫЛҒАН ЕТ ӨНІМІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ

А. Искинеева¹, А. Мұстафаева¹, Р. Бәкірова², С. Фазылов^{3*}

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

²Қарағанды медицина университеті, Қарағанды, Қазақстан,

³Органикалық синтез және көмір химиясы институты, Қарағанды, Қазақстан,

e-mail: iosu8990@mail.ru

Мақалада клатратты капсулаланған дәрумендері бар функционалды байытылған ет өнімінің технологиялық сипаттамалары зерттелген. Сауалнама арқылы сатып алушылар арасында ірі қалалық сауда орталықтарындағы ет өнімдерінің сауда ассортименті зерттелді. Қазақстанның бес өңірінде университет студенттерінің ет жеу жиілігін зерттеу нәтижелері қаралды. Тұтынушыларға сиыр еті, жылқы еті мен құс еті үлкен сұранысқа ие екендігі анықталды. Қой еті мен шошқа еті көп сұранысқа ие емес. Олигосахаридпен қапталған витаминдік қоспалары бар функционалды байытылған ет өнімін әзірлеу бойынша зерттеу нәтижелері ұсынылған. Ет өнімдерінің үлгілері органолептикалық көрсеткіштерге және өнімнің осы түріне арналған нормативтік-техникалық құжаттаманың талаптарына сәйкес келетіні анықталды.

Түйін сөздер: функционалды өнімдер, ет өнімдері, ет ассортименті, капсулаланған дәрумендер

TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF A FUNCTIONALLY ENRICHED MEAT PRODUCT WITH CLATHRATE-ENCAPSULATED VITAMINS

A. Iskineeva¹, A. Mustafayeva¹, R. Bakirova², S. Fazylov^{3*}

¹Kazakh Agrotechnical University named after S.Seifullin, Astana, Kazakhstan,

²Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan,

The article investigates the technological characteristics of a functionally enriched meat product with clathrate-encapsulated vitamins. By means of a survey among buyers, the trade assortment of meat products at large urban shopping centers was studied. The results of studying the frequency of meat consumption by university students in five regions of Kazakhstan are considered. It has been established that beef, horse meat and poultry are in the greatest demand among consumers. Lamb and pork meat is not in high demand. The results of research on the development of a functionally enriched meat product with vitamin supplements encapsulated with oligosaccharide are presented. It has been established that the samples of meat products comply with organoleptic indicators and the requirements of regulatory and technical documentation for this type of product.

Keywords: functional products, meat products, meat assortment, encapsulated vitamins

Введение. Важной задачей мясоперерабатывающей отрасли РК является поиск новых технологических приемов и создание новых мясных продуктов высокой пищевой функциональностью. Научной основой современной стратегии производства пищи является изыскание новых ресурсов незаменимых компонентов пищи, использование нетрадиционных видов сырья, создание новых прогрессивных технологий, позволяющих повысить пищевую и биологическую ценность продукта, придать ему заданные свойства, увеличить срок хранения [1]. Создание функциональных продуктов питания (ФПП) является инновационным направлением в пищевой промышленности, имеющим чрезвычайно важное практическое значение и социальную эффективность [2]. В настоящее время сектор рынка ФПП продолжает стремительно развиваться. В Японии, например, ФПП составляют почти 50-60 % от всех выпускаемых пищевых продуктов, в США и Европе - около 25 % [3]. В целом можно выделить следующие группы функциональных мясных продуктов: а) низкокалорийные мясные продукты, обогащенные пищевыми волокнами; б) мясные продукты, обогащенные витаминами; в) мясные продукты, обогащенные минеральными веществами; г) мясные продукты, обогащенные полиненасыщенными жирными кислотами; е) мясные продукты, обогащенные пребиотиками и пробиотическими культурами микроорганизмов [2-4].

Производители мясных изделий, из-за постоянно меняющихся вкусов потребителей, все чаще стали использовать мясо диких животных. Мясо диких животных - это натуральный продукт питания, объединяющий в себе массу преимуществ. Они питаются в соответствии с природными циклами, проходят естественный отбор, сохраняют все заложенные природой инстинкты, живут свободно и не испытывают стресса [4-7]. В связи с этим перспективным яв-

ляется изучением пищевой ценности и разработкой технологии производства продуктов питания путем комбинирования с мясами диких животных.

Материалы и методы. Результаты наших работ по получению водорастворимых инкапсулированных витаминов ранее были опубликованы в наших трудах [8-10]. Объектами мясной продукции с внесенными водорастворимыми инкапсулированными витаминами были полукопченые колбасы из баранины (69,0-71,0%) и мяса страуса (19,0-21,0%).

Прототипом для разработки рецептур послужила колбаса "баранья", разработанная в соответствии с СТ РК 243-2013 из баранины (50%) и шпика (50%). Технология получения колбасных изделий с инкапсулированным витаминными комплексами была апробирована в производственных условиях на базах Казахского агротехнического университета имени С. Сейфуллина (г. Астана) и ТОО «МПК Рахмет» (г. Екибастуз). Изучение пищевых привычек городского населения и молодежи проводилось путем онлайн-анкет по электронной почте и через группы WhatsApp. Органолептическая оценка полукопченых колбас проводилась в соответствии с SS9959-91 «Мясные продукты. Общие условия органолептической оценки». Содержание влаги определяли в соответствии с SS 9793-74 путем высушивания суспензии до постоянной массы (при $105 \pm 30^\circ\text{C}$). При разработке рецептур и технологий исследуемых мясных продуктов с использованием баранины и страусятины, за основу была взята общая схема производства полукопченых колбасных изделий, которая включала также следующие компоненты (кг на 100 кг несоленого сырья): курдюк бараний (10), соль поваренная (3,0), перец черный молотый (0,1), нитрит натрия (0,01), кориандр молотый (0,005), чеснок свежий (0,002) и витаминный комплекс (0,002-0,003). После окончания технологического процесса была проведена сравнительная органолептиче-

ская оценка, а также изучены физико-химические, микробиологические и другие параметры изучаемых мясных изделий.

Результаты и обсуждение. В настоящее время прилавки магазинов заполнены большим ассортиментом колбасных изделий разных сортов и с различной стоимостью. Нами был изучен торговый ассортимент мясной продукции на крупных Торговых центрах Есильского района (г.Астана) в течении 3 месяцев (сентябрь-ноябрь, 2021г., по 2 раза в месяц). Установлено, что наибольший удельный вес занимают полукопченые ($\sim 54 \pm 0,28\%$), вареные колбасные изделия ($\sim 31 \pm 0,31\%$) и группа сосисок и сарделок и др. ($15 \pm 0,52\%$). На основании проведенных маркетинговых исследований установлено, что наибольшим спросом у потребителей пользуется мясо говядины, конины и птицы (рисунок 1). Мясо баранины занимал четвертое место. Основной причиной ($61 \pm 0,37\%$) нечастого использования в рационе баранины, по мнению респондентов, является специфический запах данного мяса и повышенное содержание холестерина.

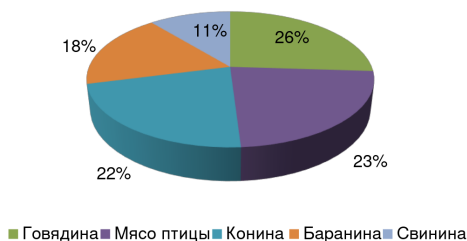


Рис. 1 - Общая картина спроса у потребителей мяса

Нами в 2020-2022гг. проведено изучение пищевых привычек молодежи Казахстана, в частности, частоты употребления мяса студентами университетов в пяти регионах Казахстана (Север (г. Костанай, Петропавловск, Кокшетау, Щучинск); Запад (Ақсай, Уральск, Ақтобе), Центр (Астана, Караганда), Юг (Алматы, Туркестан, Шымкент) и Восток (Павлодар, Семей, Экібастуз). Запросы на заполнение онлайн-анкет о частоте употребления продуктов питания были разосланы студентам по электронной почте и через группы WhatsApp. В исследование были включены ответы 986 участников (из 1069 участников) в

возрасте от 16 до 30 лет. Оценка проводилась на основе опросника-вопросника о частоте употребления мяса.

Как следует из данных анкетирования, примерно 24-27% участников опроса сообщили, что 3-7 раз в неделю употребляют мясо, причем чаще всего употребляют говядину и птицу (рисунок 2а,б). Среди опрошенных 7% и 67% опрошенных никогда не ели свинину и козлятину (рисунок 2). Потребление мяса среди участников было ниже, чем рекомендуемое потребление (1500г) в неделю в Казахстане, но почти в два раза выше, чем рекомендации Всемирного фонда исследований рака в неделю (500 г) [11]. При этом, доля потребления мяса баранины и птицы в общей структуре мясного баланса пока незначительная (рисунок 2в,г). Результаты наших исследований дополняют относительно ограниченную информацию о потреблении мяса баранины среди городского населения. При этом, доля потребления мяса баранины и птицы в общей структуре мясного баланса пока незначительная (рисунок 2в,г).

Для защиты общественного здоровья необходимы дополнительные знания о диетических привычках и, возможно, улучшенные рекомендации по питанию в отношении потребления мяса в Казахстане. Следует также отметить, что функционализация пищевых продуктов, в том числе мясных изделий, в Казахстане все еще не развито. Вышесказанное подчеркивает перспективность разработки технологии функциональных мясных продуктов (ФМП) длительного хранения и обеспечения населения страны высокоэффективными нутриентами с повышенной пищевой ценностью. Разработка функциональных продуктов питания (ФПП) является инновационным направлением в пищевой промышленности, имеющим чрезвычайно важное практическое значение и социальную эффективность [2]. Из имеющихся публикаций следует, что исследования и разработка мясных продуктов функционального и лечебно-профилактического назначения с участием мяса диких животных (страуса), является актуальной темой в условиях современного состояния и спроса рынка продовольственных продуктов. Мясо страуса содержит белки - 21,7 %, жиры 1,2 %. Калорийность мяса страуса составляет 98 кКал, т.е его можно отнести к низкокалорийным продуктам.

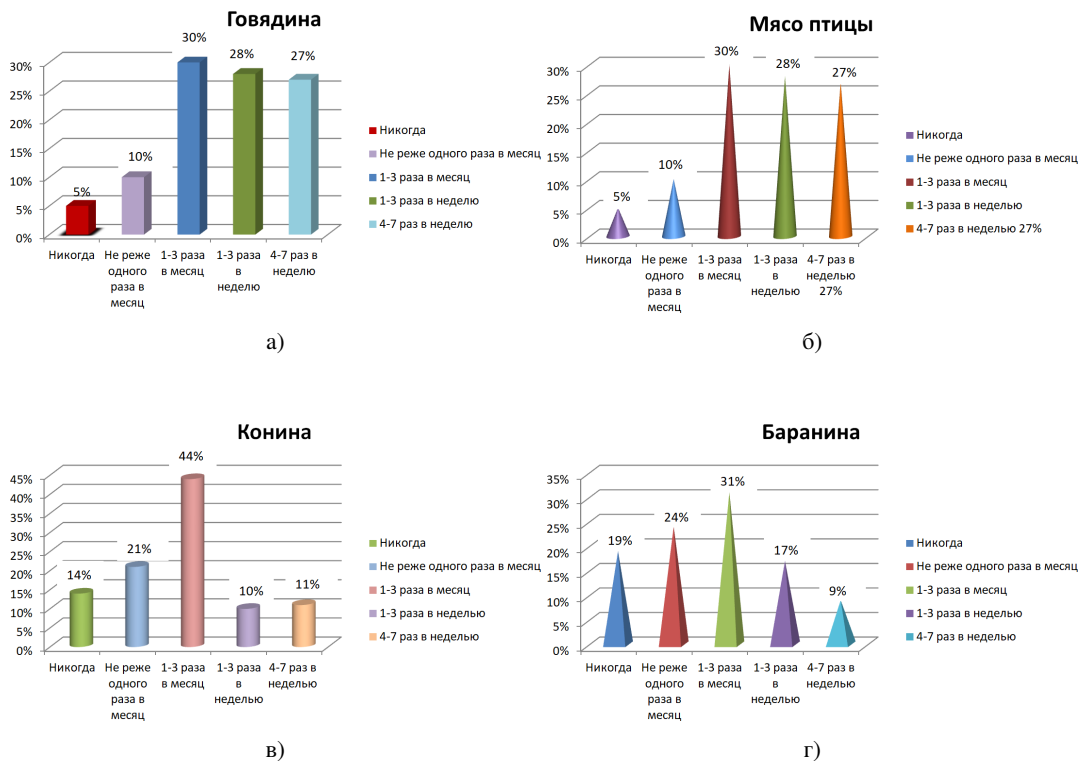


Рис. 2 - Потребление мяса среди студенческой молодежи

Полезность мяса страуса заключается в его химическом составе. Богат этот продукт белком, который важен для нормальной жизнедеятельности организма. Также выделяется такое мясо небольшим количеством холестерина. В состав мяса страуса входит калий, который не только нормализует давление, а и улучшает работу сердечно-сосудистой системы. Рекомендуется употреблять блюда, приготовленные из мяса страуса, людям, у которых есть сердечная недо-

статочность, сахарный диабет, анемия и проблемы с давлением.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты наших исследований по разработке функционально обогащенного инкапсулированными β-циклодекстрином (β-ЦД) (олигосахаридом крахмала) витаминными добавками (β-ЦД-А; β-ЦД-Е; β-ЦД-Д₃ и β-ЦД-РЕС (ресвератрол) мясного продукта.

Таблица 1 - Органолептические показатели комбинированного мясного продукта с супрамолекулярным комплексом витаминов

Наименование показателя	Характеристика комбинированного мясного продукта
Внешний вид и консистенция	Батоны с чистой сухой поверхностью, без пятен, слипов, повреждений оболочки, наплывов мясного фарша
Вкус и аромат	Свойственные данному виду продукта, без посторонних привкусов и запахов, с выраженным ароматом пряностей, копчения и умеренным запахом чеснока; вкус в меру соленый
Вид на разрезе	Фарш равномерно перемешан, цвет фарша от розового до темно-красного, без серых пятен, пустот и содержит кусочки шпика белого цвета

Опытные образцы прошли также сенсорную оценку (профильный метод по балльной шкале (таблица 2). По результатам дегустации установлено, что образцы мясных продуктов соответствуют

по органолептическим показателям и требованиям нормативно-технической документации на данный вид продукции.

Таблица 2 - Органолептическая оценка функционально обогащенного мясного продукта с клатратно капсулированными витаминными добавками с витаминными комплексами

Индикаторы показателей	Контрольный образец	Исследуемые образцы (клатраты витаминов)			
		β-ЦД:А	β-ЦД:Е	β-ЦД:Д3	β-ЦД:РЕС
Внешний вид	4,6±0,3	4,5±0,1	4,4±0,3	4,5±0,1	4,5±0,1
Вид на разрезе	4,5±0,1	4,3±0,2	4,5±0,2	4,3±0,2	4,6±0,1
Запах, аромат	5,0±0,3	14,6±0,2	14,5±0,4	14,5±0,2	4,4±0,2
Консистенция	4,7±0,2	14,5±0,1	14,5±0,3	14,6±0,1	4,5±0,3
Вкус	4,7±0,2	14,6±0,2	14,5±0,3	14,5±0,2	4,5±0,2
Сочность	4,7±0,3	14,6±0,1	14,6±0,2	14,6±0,3	4,6±0,1
Общий рейтинг	4,70±0,23	4,51±0,15	4,43±0,28	4,50±0,18	4,51±0,13

Массовая доля влаги составила 59-61±0,3%, белка - 23,75-24,29±0,02/100г, жира - 11,28-12,56±0,01/100г. Энергетическая ценность образцов составили 200-215/100г (ккал/кДж). По микробиологическим показателям образцы колбасных изделий из баранины и мяса страуса соответствовали СанПиН 2.3.2.1078-01.

Выводы: В соответствии с результатами проведенных исследований органолептических, физико-химических и микробиологических показателей по-

казано хорошее сочетание баранины (69,0-71,0%) с мясом страуса (19,0-21,0%). Конечный продукт имеет ярко выраженный постный вкус, характеризуется привлекательными органолептическими характеристиками: сочной и нежной консистенцией, светло-коричневым цветом и нежным мясным запахом. Разработанные опытные образцы мясных изделий из баранины и страусятины с инкапсулированными витаминными комплексами могут быть рекомендованы как полезный и безопасный продукт для широкого применения.

Литература

1. Еделев Д.А., Нечаев А.П., Демидова Т.И. Функциональное питание и перспективные тенденции пищевых технологий // Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты». - Москва, 2011. - стр. 31-34.
2. Амирханов К.Ж., Асенова Б.К., Нургазезова А.Н., Касымов С.К., Байтуkenова Ш.Б. Современное состояние и перспективы развития производства мясных продуктов функционального назначения. Монография. - Алматы, 2013. - С. 126.
3. Клюкина О.Н., Кунташов Е.В., Птичкина Н.М. Мясные изделия функционального назначения // Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты» Москва 2011. - стр. 192-198.
4. Вайтанис М.А., Вайтанис М.А., Качакова Ю.К. Разработка рецептур мясных кнелей с пророщенными бобовыми культурами // Ползуновский вестник № 3/2. - 2011. - стр. 87-90.
5. Асенова Б.К. Нургазезова А.Н., Нурымхан Г.Н., Кажыбаева Г.Т., Касымов С.К. Разработка технологии вареной колбасы с использованием белковой пищевой добавки // Сборник трудов инновационного конвента «Кузбасс: образование, наука, инновации» Кемерово, 6-7 декабря 2012 г. - стр. 110-112.
6. Герасимова Н.Ю., Голованева Т.В. Мясорастительный полуфабрикат из мяса кролика для функционального питания детей школьного возраста Перспективные технологии производства продукции из сырья животного и растительного происхождения // Материалы международной научно-технической интернет-конференции, 20 мая 2013 г. - стр. 177-179.

-
7. Какимов А.К., Майоров А.А., Какимова Ж.Х., Муратбаев А.М., Байкадамова А.М.. Безопасность и качество молочных и мясных продуктов. Монография. - Барнаул: Азбука. -2019.-208 с.
 8. Bakirova R., Nukhuly A., Iskineyeva A., Fazylov S., Burkeyev M., Mustafayeva A., Minayeva Y., Sarsenbekova A. Obtaining and investigation of the β -cyclodextrin inclusion complex with vitamin D₃ oil solution // Hindawi Scientifica. -2020. -Volume 2020.-pp.1-8.- ID 6148939
 9. Burkeyev M., Fazylov S., Bakirova R., Iskineyeva A., Sarsenbekova A., Tazhbaev E., Davrenbekov S. Thermal decomposition of β -cyclodextrin and its inclusion complex with vitamin E // Mendeleev communication. -2021. -Vol.31. -P.76-78.
 10. Iskineyeva A., Fazylov S., Bakirova R., Sarsenbekova A., Pustolaikina I., Seilkhanov O., Alsouk A.A., Elkaeed E. B., Eissa I.H. and Metwaly A.M. Combined In Silico and Experimental Investigations of Resveratrol Encapsulation by Beta-Cyclodextrin // Journal of PLANTS-BASEL - 1773341.- 2022. -Vol. 11. -P.1678.
 11. Мырзаматова А.О., Концевая А.В., Баланова Ю.А., Муқанеева Д.К. Аналитический обзор ассоциации поведенческих факторов риска с хроническими неинфекционными заболеваниями // Профилактическая медицина. -2019. -Т.22(5). - стр.136-142.

References

1. Edelev D.A., Nechaev A.P., Demidova T.I. Functional nutrition and promising trends in food technologies // Collection of materials of the IX International scientific and practical Conference "Technologies and products of healthy nutrition. Functional food products». - Moscow, 2011. - pp.31-34.
2. Amirkhanov K.Zh., Asenova B.K., Nurgazezova A.N., Kasymov S.K., Baytukenova Sh.B. The current state and prospects for the development of the production of functional meat products. Monograph. - Almaty, 2013. - p.126.
3. Klyukina O.N., Kuntashov E.V., Ptichkina N.M. Meat products of functional purpose // Collection of materials of the IX International scientific and practical conference "Technologies and products of healthy nutrition. Functional food products. -Moscow, 2011. - pp. 192-198.
4. Vaitanis M.A., Vaitanis M.A., Kachakova Yu.K. Development of recipes for meat dumplings with sprouted legumes // Polzunovsky Bulletin. - 2011. -No. 3.- pp. 87-90.
5. Asenova B.K. Nurgazezova A.N., Nurymkhan G.N., Kazhibayeva G.T., Kasymov S.K. Development of boiled sausage technology using protein food additives // Proceedings of the innovation Convention "Kuzbass: education, science, innovation". -Kemerovo. - 2012. - pp.110-112.
6. Gerasimova N.Yu., Golovaneva T.V. Meat-growing semi-finished rabbit meat for functional nutrition of school-age children Promising technologies for the production of products from raw materials of animal and vegetable origin // Proceedings of the International Scientific and Technical Internet Conference. - 2013. - pp.177-179.
7. Kakimov A.K., Mayorov A.A., Kakimova Zh.Kh., Muratbayev A.M., Baykadamova A.M. Safety and quality of dairy and meat products. Monograph. - Barnaul: ABC. -2019. -208 p.
8. Bakirova R., Nukhuly A., Iskineyeva A., Fazylov S., Burkeyev M., Mustafayeva A., Minayeva Y., Sarsenbekova A. Obtaining and investigation of the β -cyclodextrin inclusion complex with vitamin D₃ oil solution // Hindawi Scientifica. -2020. -Volume 2020.- pp.1-8.- ID 6148939
9. Burkeyev M., Fazylov S., Bakirova R., Iskineyeva A., Sarsenbekova A., Tazhbaev E., Davrenbekov S. Thermal decomposition of β -cyclodextrin and its inclusion complex with vitamin E // Mendeleev communication. -2021. -Vol.31. -pp.76-78.
10. Iskineyeva A., Fazylov S., Bakirova R., Sarsenbekova A., Pustolaikina I., Seilkhanov O., Alsouk A.A., Elkaeed E. B., Eissa I.H. and Metwaly A.M. Combined In Silico and Experimental Investigations of Resveratrol Encapsulation by Beta-Cyclodextrin // Journal of PLANTS-BASEL - 1773341. - 2022. -Vol. 11. -pp.1678.
11. Мырзаматова А.О., Концевая А.В., Баланова Ю.А., Муқанеева Д.К. An analytical review of the association of behavioral risk factors with chronic noncommunicable diseases // Profilakticheskaya Meditsina. -2019. - Vol. 22(5). - pp.136-142.

Сведения об авторах

Искинеева А.- докторант Казахского Агротехнического университета, Астана, Казахстан, e-mail: iskeneeva_aynara@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1705-6372>;

Мустафаева А. - кандидат технических наук, Казахский Агротехнический университет, Астана, Казахстан, e-mail: ayaulyv.mustafa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0693-6427>;

Бакирова Р. -доктор медицинских наук, профессор, Медицинский университет Караганды, Караганда, Казахстан, e-mail: bakir15@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0693-6427>;

Фазылов С. - академик Национальной Академии наук Республики Казахстан, доктор химических наук, профессор, Институт органического синтеза и углехимии РК, Караганда, Казахстан, e-mail: iosu8990@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4240-6450>.

Information about the authors

Iskineyeva A. - PhD student of Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan, e-mail: iskeneeva_aynara@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1705-6372>;

Mustafaeva A. - Candidate of Technical Sciences, Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan, e-mail: ayaulyv.mustafa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0693-6427>;

Bakirova R. - Doctor of Medicinal sciences, Full Professor, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: bakir15@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1592-8579>;

Fazylov S. - Academician of the National Academy of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Chemical Sciences, Full Professor, Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: iosu8990@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4240-6450>.

ЖАҚЫН ЖАТҚАН ЖОҒАРЫ ГАЗДЫ КӨМІР ҚАБАТТАРЫН ҚАЗУДА ГАЗДЫҢ ШЫҒУ ДИНАМИКАСЫ

М.С. Үсенбеков, Т.К. Исабек*, Р.К. Камаров, М.М. Баизбаев

Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,
Қарағанды қ., Қазақстан, e-mail: tyak@mail.ru

Тиімді газсыздандыру өте маңызды міндет болып табылады. Оның дұрыс шешімі алдынан ала өнделетін іргелес қабаттардан негізгі өнделетін қабаттың қазбаларына немесе қазылған кеңістігіне метанның қозғалу механизмін дұрыс түсінгенде мүмкін болады. Жұмыста көмір қабаттарынан метанның газ шығару динамикасын анықтау бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелері келтірілген. "АрселлорМиттал Теміртау" АҚ ҚД қарасты "Абай" шахтасының бірқатар лавалары үшін жақын қабаттардан газдың шығу динамикасының зерттеулері жүргізілді.

Түйінді сөздер: метан газы, газмолдығы, газдың бөлінуі, жақын қабаттар, газсыздандыру, астынан өңдеу, үстінен өңдеу, шахта, қазба алабы, лава-кенжар, газ балансы.

DYNAMICS OF GAS RELEASE DURING THE DEVELOPMENT OF HIGH-GAS

NEARBY COAL SEAMS M.S. Usenbekov, T.K. Isabek*, R.K. Kamarov, M. M. Baizbayev

Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov,
Karaganda, Kazakhstan, e-mail: tyiak@mail.ru

In underground mining of high-gas-bearing coal seams, effective degasification of converging coal seams is a very important task. Its correct solution is possible with a proper understanding of the mechanism of methane movement from pre-developed adjacent formations into the workings of the main developed formation. The paper presents the results of research work on determining the dynamics of methane gas emission from coal seams being mined. For a number of faces of the Abayskaya mine of ArcelorMittal Temirtau JSC, studies of gas emission from the adjacent seams were conducted.

Keywords: methane gas, gas abundance, gas release, converging layers, degassing, part-time work, overworking, mine, excavation site, lava, gas balance.

ДИНАМИКА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВЫСОКОГАЗОНОСНЫХ БЛИЗЛЕЖАЩИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

М.С. Усенбеков, Т.К. Исабек*, Р.К. Камаров, М.М. Баизбаев

Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова,
г. Караганда, Казахстан, e-mail: tyak@mail.ru

При подземной разработке высокогазоносных угольных пластов эффективная дегазация сближенных угольных пластов является очень важной задачей. Ее правильное решение возможно при правильном понимании механизма движения метана из предварительно разрабатываемых смежных пластов в выработки основного разрабатываемого пласта. В работе приводятся результаты научно-исследовательских работ по определению динамики газовыделения метана из подрабатываемых угольных пластов. Для ряда лав шахты Абайская" УД АО "АрселлорМиттал Темиртау" проводились исследования газовыделения из сближенных пластов.

Ключевые слова: газ метан, газообильность, газовыделение, сближенные пласты, дегазация, подработка, надработка, шахта, выемочный участок, лава, газовый баланс.

Андапта. Жоғары газды көмір қабаттарын жерасты қазу кезінде жақын жатқан көмір қабаттарын тиімді газсыздандыру өте маңызды міндеттердің бірі болып есептеледі. Оның дұрыс шешімін табу үшін өңделіп жатқан іргелес қабаттардан өңделуге жоспарланған қабаттың қазбаларына метанның қозғалу механизмін дұрыс түсінген қажет болады. Серік қабаттардан метанның кіруі негізінен қабат аралық жыныстардағы жарықшақтардың дамуы және газ өткізгіштігінің артуы есебінен қамтамасыз етіледі, демек, тау жыныстары қалыңдығының жылжуы және массивтегі кернеудің қайта үлесуі процесінде пайда болатын тау қысымынан босатылған аймақтарындағы көмір қабаттарының (серіктердің) газ шығуы [1].

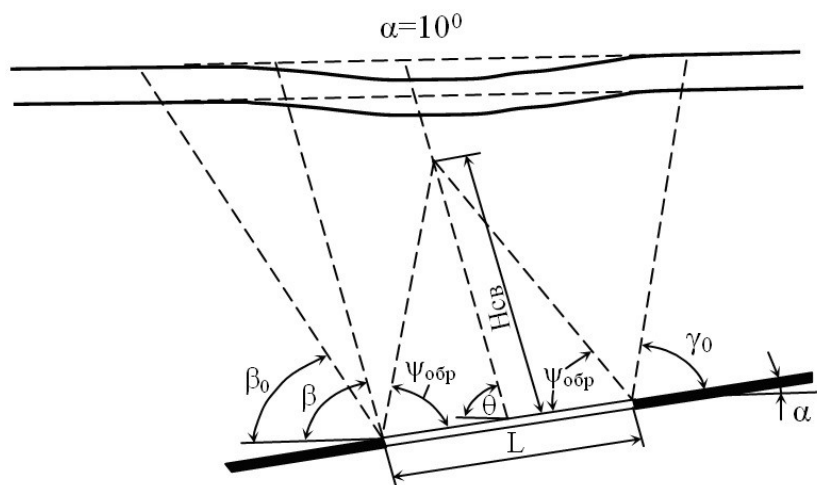
Тұтастығы үзілісті тау жыныстарының шөгу аймағындағы іргелес қабаттардың газсыздандырылуы өңделіп жатқан қабат қазбаларының газ молдығын төмендетуге мүмкіндік береді. Іргелес қабаттарды жасанды газсыздандыру болмаған жағдайда, метан жарықтармен көшірілу арқылы табиғи түрде газ-

сыздандырылады. Осы аймақта жатқан қабаттардың газсыздандырылуы олардың газдылығын төмендетеді, бірақ өңделетін қабат қазбаларының газмолдығын төмендетпейді.

Өңделетін қабат қазбаларының газдылығын азайту үшін тұтастығы үзілісті тау жыныстарының шөгу аймағында жатқат іргелес қабаттарды газсыздандыру қажет.

Іргелес қабаттардың газдылығын төмендетуге және шығатын метанның мөлшерін ұлғайтуға жыныстардың қарқынды шөгінділерінің доғасында жатқан барлық көмір қабаттарын газсыздандыру арқылы арттыруға болады.

Материалдар және әдістемесі. Өңделетін қабаттан іргелес қабаттарға дейінгі нормал бойынша шекті арақашықтық, тау қысымынан босатылу әсермен өңделетін қабаттардың тиімді газсыздандырылуы орын алуы мүмкін болғанда, жыныстардың қарқынды шөгу доғасының биіктігімен анықталады (сурет 1).



Сурет 1 - Үстіңгі жыныстар (қабат) қалыңдығын астынан өндеу схемасы
 H_{cb} - жыныстардың қарқынды шөгу доғасының биіктігі (қабатқа нормал бойынша);
 L - лаваның ұзындығы

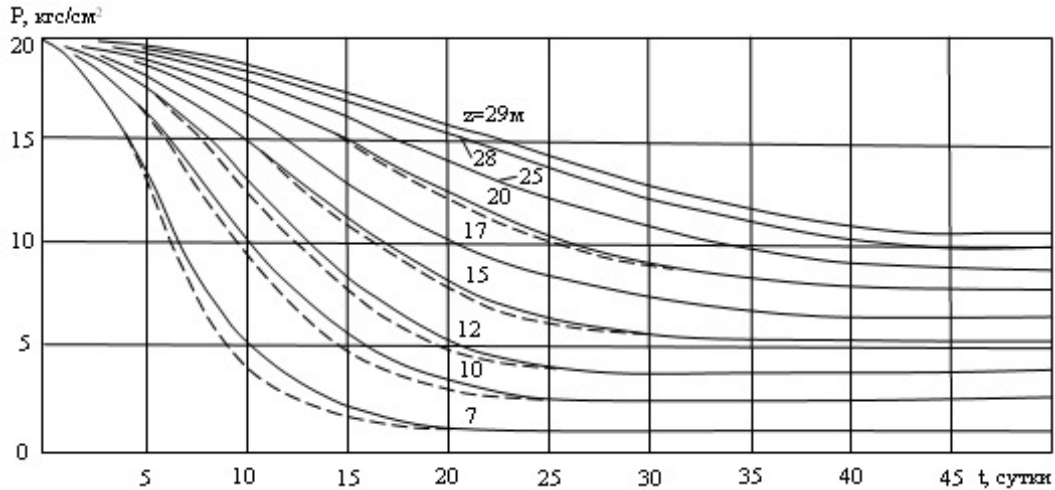
Тәжірибе көрсеткендей, газсыздандыру процесінің ұзақтығы газдың бастапқы қысымына, соңғы (өзгермейтін) қысымына, қабаттар аралығына, жыныстардың кеуектілігі мен өткізгіштігіне байланысты.

Қабаттар аралығы ұлғайған сайын жақын жатқан қабаттың табиғи газсыздандыру уақыты да ұлғаю мүмкін. [1] мәліметтері бойынша, мысалы, Куз-

басстағы "Северная" шахтасының жағдайында қабат аралығы 13-тен 70 м-ге дейінгі аймақта, жақын қабаттардың табиғи газсыздандыру уақыты 120-дан 1060 күнге дейін өзгерген.

Талқылау мен нәтижелер. Кузбасс шахталарында жүргізілген б. ВостНИИ зерттеулерінің нәтижелері бойынша жақын қабаттың табиғи газсыздандыру уақыты мен қабат аралық қуаты арасындағы

байланыс анықталды. Алынған формулалар бойынша жақын қабаттағы газ қысымының өзгеруін сипаттайтын қисықтар салынды [1] (сурет 2).



Сурет 2 - Астынан өңделген қалыңдық қабаттарында газ қысымының өзгеруі

Графиктегі газ қысымы қисықтарының ең қызықты элементі - ең үлкен кеуектілік пен өткізгіштік аймағына сәйкес келетін иілу нүктесі.

Табиғи газдылықты есептеу үшін келесі формула қолданылады

$$x = \frac{c(H - H_0)}{1 + b(H - H_0)} \quad (1)$$

Формула (1) сондай-ақ жақын қабаттан газ шығу белгілі мәнi бойынша осы қабаттағы бастапқы газ қысымының P_0 шамасын анықтау үшін қолданылады. Қажетті c және b коэффициенттерінің мәні "Қарағанды бассейнінің шахта алқаптарындағы көмір қабаттарының табиғи метаноздығының жіктеуіші" деректері бойынша алынады (кесте 1).

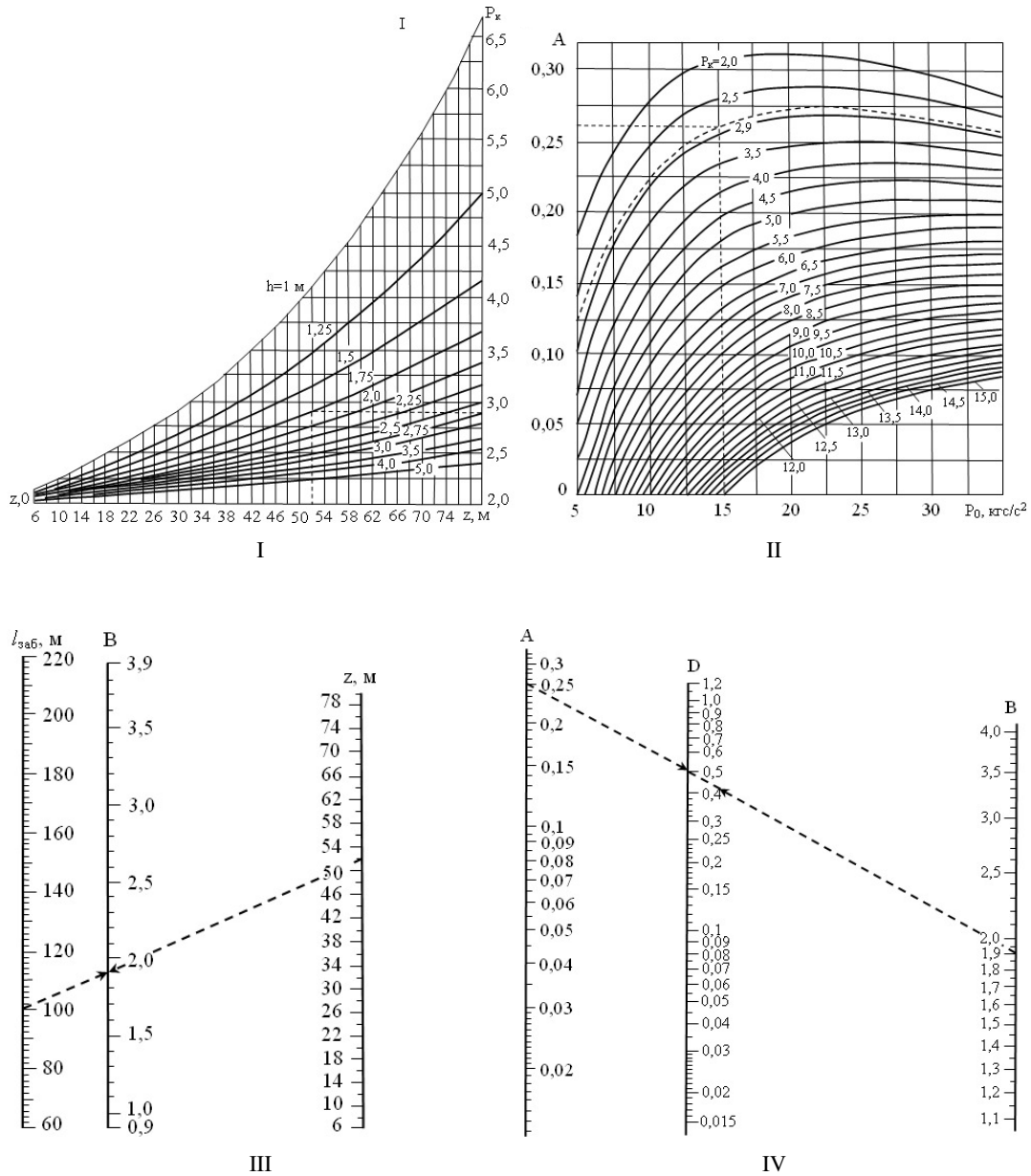
Кесте 1 - Қарағанды бассейні қабаттарының метаноздық параметрлері

Шахта	Қабат	Ленгмюр теңдеуінің коэффициенттері		Газдық үгілу аймағы, м H_0
		c	b	
"Абай"	К10	0,710	0,033	130
"Саран"	К10	0,173	0,009	90
"Шахтинск"	Д5-Д6	0,338	0,023	182

Бастапқы және соңғы газ қысымын және жақын қабаттағы басқа газ параметрлерін анықтау үшін формулалардан бөлек номограммалар ұсынылады [1] (сурет 3).

Номограммаларды пайдалану үшін қажетті бастапқы деректер: z , h_b , P_0 , $l_{аб}$, $h_{сн}$, $V_{оз}$, мұндағы z - қабаттар арасындағы жыныстар қуаты, м; P_0 - кен шоғырларындағы газдың бастапқы қысымы, кПа; h_b

- өңделетін қабаттың қуаты, м; $l_{аб}$ - тазартпа кен-жардың ұзындығы, м; $h_{сн}$ - жақын жатқан қабаттың қуаты, м; $V_{оз}$ - тазартпа кенжардың қозғалу жылдамдығы, м/тәулік; P_k - жақын жатқан қабаттың жатыс жазықтығында кез келген нүктесіндегі өзгермейтін шекті қысымы, кПа; $I_{ср.мах}$ - жақын жатқан қабаттан максималды абсолютті газ шығуы, м³/мин; K_u - газдың ауытқыма шығу коэффициенті.



Сурет 3 - Номограммалар (I - IV)

Номограммалармен жұмыс істеу реті:

I номограммалардан берілген z және h бойынша PK мәнін табамыз, содан кейін II номограммалардан белгілі PK және P_0 бойынша A өлшемін анықтаймыз.

Белгілі $I_{заб}$ және z арқылы B мәні табылады (III номограмма).

$AB=D$ көбейтіндісі IV номограмма бойынша анықталады. Содан кейін берілген hcn және Voz мәндері бойынша кестеден C өлшемін табамыз. $I_{ср.max}$

мәнін анықтау үшін C және D бір-біріне көбейтіледі.

Осы номограммаларды пайдалу мысалы.

Болсын $z=52$ м; $h=1,75$ м; $P_0=15$ кг/см²; $I_{заб}=100$ м; $hcn=1$ м; $Voz=2$ м/тәу. Қабатты астынан өндеп алуда $I_{ср.max}$ мәнін табайық.

$$=CD, I_{ср.max}=2 \times 0,5=1 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

1. $P_0=15$ кг/см² және $PK=2,9$ кг/см² арқылы II номограммалардан $A=0,26$ табамыз.

2. III номограммалардан $I_{заб}=100$ м және $z=52$ м бой-

ынша $B=1,9$ м.

3. IV номограмманың D шкаласы бойынша $A=0,26$ және $B=1,9$ көбейтіндісін қараймыз. $D=0,5$ болып шығады.

4. I номограмма бойынша табылады $PK=2,9$ кгс/см²;

5. $h_{сп}=1$ м және $V_{оз}=2$ м/тәу көбейтіндісі бойынша болады $C=2$.

Жақын қабаттан максималды абсолютті газ шығу шамасын анықтау үшін $I_{ср}$ мөлшерін газдың ауытқыма шығу коэффициенті K_n -не көбейту керек.

Номограммалар бойынша тұрақтандыру кезеңінде газдың бөліну мөлшерін анықтауға болады. Оның өсу кезеңінде газ шығу мөлшерін кесте 2 көмегімен табу ұсынылады, онда ол $I_{ср.max}$ үлесімен беріледі, формуласы

Кесте 2 - Газдың көбеюінің бастапқы кезеңінде I_x лаваға газшығудың есептеу коэффициенттері

Монтаж камерасынан қашықтық, х, м	Коэффициент С	Монтаж камерасынан қашықтық, х, м	Коэффициент С
0,1L	0,021	0,9L	0,808
0,2L	0,081	1,0L	0,868
0,3L	0,172	1,1L	0,915
0,4L	0,285	1,2L	0,950
0,5L	0,406	1,3L	0,970
0,6L	0,526	1,4L	0,985
0,7L	0,636	1,5L	1,000
0,8L	0,731		

"ҚазТӨҚҒЗИ" (КазНИИБГП) институты мақсаты ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізді, нәтижесінде метанның көмір қабаттарынан бөліну заңдылықтарын сипаттайтын тәуелділіктері анықталып [2] әдістемелік ұсынымдардың жаңа редакциясына енгізілді.

Осы тәуелділіктерге сәйкес жақын жатқан қабаттарды өндіруде астынан өнделетін немесе үстінен өнделетін қабаттан (спутниктен) метанның арақатысты бөлінуі келесі формуламен анықталады

$$q_{ci} = \frac{m_{ci}}{m_b} (x_i - x_{oc}) K_x \quad (2)$$

мұндағы: m ; m_b - өнделетін қабаттың көмір бумаларының алынатын қуаты, м; x_i - спутниктің табиғи метаноздылығы, м³/т; m_{ci} - жеке (I-ші) қабаттың (спутниктің) көмір бумаларының толық жиынтық қуаты; K_x - астынан өнделетін қабаттан (спутниктің) бөлінген метанның арақатысты көлемінің шамасын ескеретін коэффициент x_{oc} - қабаттың (спутниктің) қалдық метаноздығы, м³/т. K_x келесі формула бойынша айқындалады

$$K_x = \exp \left[-0.06 \left(\frac{M_i}{m_{в.пр.}} - 3 \right) \right] \quad (3)$$

мұндағы M_i - өнделетін және іргелес қабаттар арасындағы нормал бойынша алынған қалыпты қашықтық, м.

"Арселлор Миттал Теміртау" АҚ ҚД қарасты "Абай" шахтасының бірқатар лавалары үшін [2, 3] есептелген қазу учаскесінің жоспарлы өндіру кезіндегі газ балансы кесте 3 және 4 келтіріледі.

Жақын қабаттардан газдың шығуын есептеу әдістемесін әзірлеу кезінде газ-динамикалық процестер саласындағы гипотезаның негізі жарылған орталар арқылы газ ағынының қозғалыс заңдары болды [1]. Онда, бір-біріне жақын қабаттардан бөлінетін метанның мөлшері қабатаралық бүгілген жыныстардың созылуының тік жарықтарының

әсеріне байланысты қойылған. Ұзақ мерзімді тазарту жұмыстары кезінде газдың қазбаларға кіруге мүмкін аймағы тазартпа кенжардың жылжыған кезде қоса қозғалатын қысым доғасымен шектелуі керек деген қорытынды жасалған.

Қарастырылған лавалар үшін қазу учаскесінің газ балансын есептеу нәтижелері кесте 5 және 6 келтіріледі.

Кесте 3 - "Абай" шахтасындағы 21К12-с қазу учаскесінің газ балансы [2]

Көрсеткіштердің атауы	A=5000т/т□у;H=300м		
	астынан өндеусіз	астынан өндеуде	жоба
Қабаттың газдылығы, м3/т:			
-табиғи	12,29	12,29	12,29
-қалдық	-	7,89	-
Қазылған кеңістік, о.і.: Төменгі қабат	6,86	3,83	7,03
Астынан өнделетін қабаттардан, о.і.: К14 қабаты	3,62	2,12	4,16
К13 қабаты	0,62	0,53	-
К13 қабаты	0,23	0,21	-
Үстінен өнделетін қабаттардан, о.і.: К11 қабаты	0,39	0,32	-
К11 қабаты	1,86	0,84	-1,68
К11 қабаты	1,86	0,84	1,68
Қайнарлар бойынша метан бөлінісі, м3/т: Өнделетін қабаттан, о.і.:	5,06	2,36	5,67
-кенжар кеңістігіне	1,44	0,14	1,51
-қазылған кеңістікке	3,62	2,12	4,16
Участкеде, м3/т	8,3	4,07	8,54
Кенжардың абсолютті газдылығы, м3/мин	28,82	14,13	29,65
Жақтағы жыныстардан, м3/т	0,76	0,34	1,19

Кесте 4 - "Абай" шахтасындағы 31К12-ю қазу учаскесінің газ балансы [2]

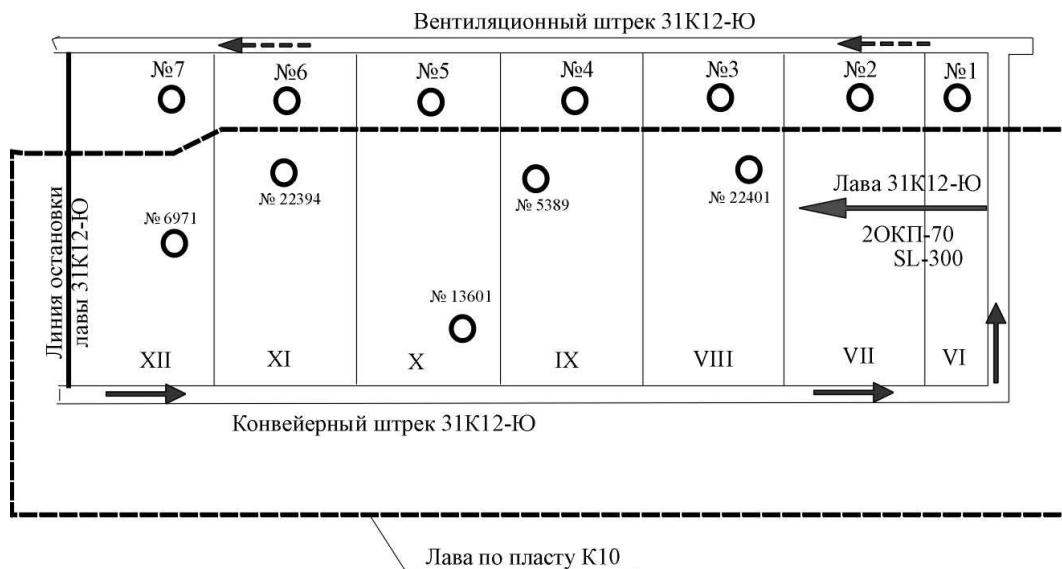
Көрсеткіштердің атауы	A=3900 т/тәу;H=360м		
	астынан өндеусіз	астынан өндеуде	жоба
Қабаттың газдылығы та, м3/т:			
-табиғи	16,06	16,06	16,06
-қалдық	16,06	8,73	10,52
Жақтағы жыныстардан, м3/т	1,66	0,79	1,55
Қайнарлар бойынша метан бөлінісі, м3/т: Өнделетін қабат, о.і.:	11,04	5,19	6,25
-кенжар кеңістігіне	6,03	3,19	1,81
-қазылған кеңістікке	5,01	2,00	4,44
Қазылған кеңістік, о.і.:	5,01	2,92	6,93
Төменгі қабат	5,01	2,92	4,44
Астынан өнделетін қабаттардан, о.і.:			
К14 қабаты	-	-	0,8
К13 қабаты	-	-	0,8
Үстінен өнделетін қабаттардан, о.і.:			
К11 қабаты	-	-	-
Кенжардың абсолютті газдылығы, м3/мин	34,40	24,10	23,67
Участкеде, м3/т	12,7	8,90	8,74

Кесте 5 - "Абай" шахтасы 21К12-с қазу учаскесінің газ балансы

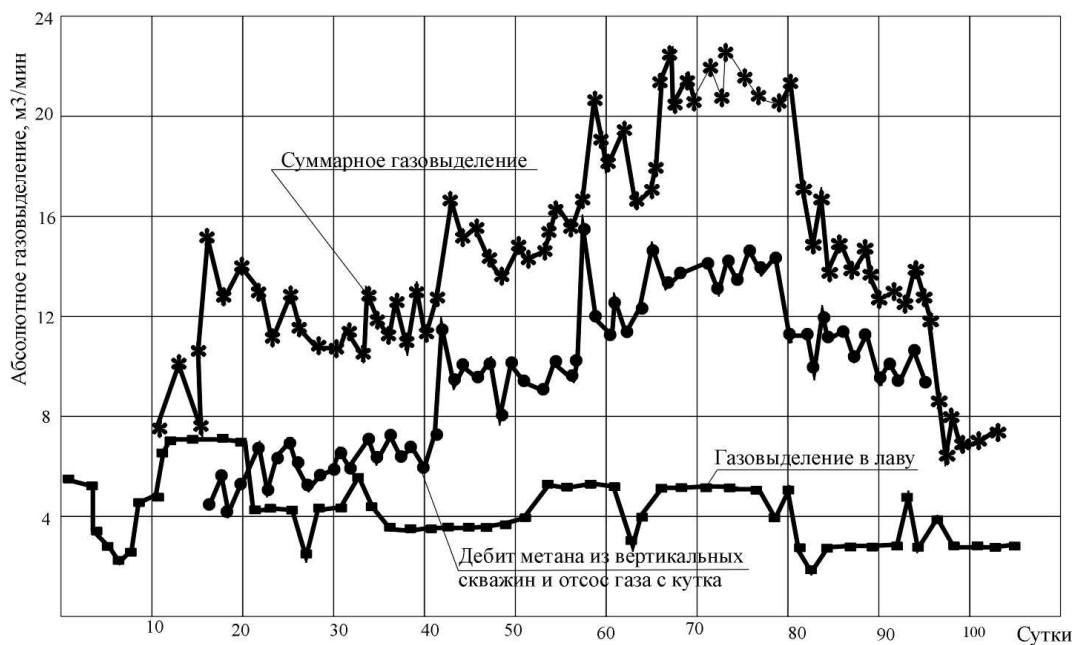
Көрсеткіштердің атауы	A=5000т/сут;H=300м		
	астынан өндеусіз	астынанөндеуде	жоба
Қабаттыңгаздылығы,м3/т:			
-табиғи	12,29	12,29	12,29
-қалдық	-	7,89	-
Жақтағыжыныстардан,м3/т	1,10	0,21	1,19
Қазылғанкеңістік,о.і.:	8,72	3,36	7,03
Төменгіқабат	3,62	1,28	4,16
Астынанөңделетінқабаттардан,о.і.:	2,14	1,30	-
К14қабаты	0,82	0,54	-
К13қабаты	1,32	0,76	-
Үстіненөңделетінқабаттардан,о.і.:	1,86	0,57	1,68
К11қабаты	1,86	0,57	1,68
Қайнарларбойыншаметанбөлініс,м3/т:Өңделетінқабаттан,о.і.:	5,06	2,05	5,67
-кенжаркеңістігіне	1,44	0,77	1,51
-қазылғанкеңістікке	3,62	1,28	4,16
Участкеде,м3/т	10,16	4,13	8,54
Кенжардыңабсолюттігаздылығы,м3/мин	35,28	14,34	29,65

Кесте 6 - "Абай" шахтасы 31К12-ю қазу учаскесінің газ балансы [1, 3]

Көрсеткіштердің атауы	A=3900т/сут; H=360м		
	астынан өндеусіз	астынан өндеуде	жоба
Қабаттың газдылығы, м3/т:			
-табиғи	16,06	16,06	16,06
-қалдық	16,06	8,73	10,52
Жақтағы жыныстардан, м3/т	2,26	0,87	1,55
Қайнарларбойынша метанбөлініс,м3/т: Өңделетін қабаттан,о.і.:	7,75	3,42	6,25
-кенжар кеңістігіне	2,74	1,37	1,81
-қазылған кеңістікке	5,01	2,05	4,44
Қазылған кеңістік, о.і.:			
Төменгі қабат	5,01	2,92	6,93
Астынан өңделетін қабаттардан, о.і.:			
К14 қабаты		2,92	4,44
К13 қабаты			
Үстінен өңделетін қабаттардан, о.і.:	-	-	0,8
К11 қабаты	-	-	0,8
Кенжардың абсолютті газдылығы,м3/мин	27,11	9,53	23,67
Участкеде,м3/т	10,01	7,21	8,74



Сурет 4 - "Абай" шахтасы бойынша 31K₁₂-ю тазартпа кенжарының орналасуы



Сурет 5- "Абай" шахтасының 31K₁₂-ю лавасының газшығу және газсыздандырудағы метанның дебиті

Қорытынды. Өңделіп жатқан қабаттан лаваның кенжар кеңістігіне метан бөлінуін анықтау үшін институтқа "Абай" шахтасы бойынша К10 қабатының астындағы өңделген аймақта орналасқан 21К12-с және 31К12-ю лавалардың газдылық мәліметтері берілген [1].

31К12-ю тазартпа кенжардың орналасуы сурет 4 келтірілген, ал осы лава бойынша газшығу және газсыздандыру есебінен метанның дебиті сурет 5 көр-

сетілген.

Кестелерге бойынша метанды желдету құралдары арқылы алынған мөлшерлер:

- лава 31К12-ю - 4,4 м³/мин;

- лава 21К12-с - 4,3 м³/мин.

Осы кезеңдегі жалпы көмір өндіріс көлемі:

- лава 31К12-ю - 311102 т;

- лава 21К12-с - 263475 т.

Әдебиеттер

1. Усенбеков М.С., Садчиков В.А., Новиков В.Я. Управление метановыделением на шахтах Карагандинского угольного бассейна. Монография. - Караганда: 2014. - 273 с.
2. Методические рекомендации по проектированию вентиляции угольных шахт АО «АрселорМиттал Темиртау». - Караганда: 2012.
3. Методика расчета газового баланса и предложения по управлению газовой выделением выемочных участков производительностью свыше 3000 тонн в сутки. РГКП КазНИИБГП. - Караганда.- 2001.

References

1. Usenbekov M.S., Sadchikov V.A., Novikov V.Y. Management of methane emission at mines of Karaganda coal basin. Monograph. - Karaganda.- 2014. - 273 с.
2. Methodical recommendations on design of ventilation of coal mines of JSC "ArcelorMittal Temirtau". "ArcelorMittal Temirtau". - Karaganda.- 2012.
3. Methodology for calculating the gas balance and proposals for managing gas emission of mine sites with productivity over 3000 tons per day. RGKP KazNIIBGP. - Karaganda.- 2001.

Авторлар туралы мәліметтер

Үсенбеков М.С.- т.ғ.к., Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің доценті, Қарағанды қ., Қазақстан, e-mail: meirambek1946@mail.ru;

Исабек Т.К. - т.ғ.д., Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің профессоры, Қазақстан Республикасы Қазақ Ұлттық Жаратылыстану және Ұлттық Тау-кен академияларының толық мүшесі, Қарағанды бойынша ҰТКА филиалының басшысы, Қарағанды қ., Қазақстан, e-mail: tyiak@mail.ru;

Қамаров Р.К. - Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің доценті, Қазақстан Республикасы Ұлттық Тау-кен академиясының толық мүшесі, Қарағанды қ., Қазақстан, e-mail:

ipk-kartu@ktu.kz;

Баизбаев М.М. - Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің докторанты, Қарағанды қ., Қазақстан, e-mail:bmm@kargipro.kz.

Information about authors

Usenbekov M.S. - Ph.D., Abylkas Sagynov Atyndagy Karaganda Technical University Attinini Associate Professor, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: meirambek1946@mail.ru;

Isabek T.K. - Doctor of Technical Sciences, Abylkas Sagynov atyndagy Karaganda Technical University (KTU) is a professor, Kazakstan Republicsy Kazakaltyk Zharatylystanu and Tau-Ken Academy (Tau-Ken Academy), Karaganda Boyynsha branch offices, Karaganda, Kazakhstan, e-mail:tyiak@mail.ru;

Kamarov R. K. - associate professor of Abylkas Sagynov Karaganda Technical University, Full Member of the National Mining Academy of the Republic of Kazakhstan, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: ipk-kartu@ktu.kz;

Baizbayev M. M.-doctoral student of the Karaganda Technical University named after Abylkas Sagynov, Karaganda, Kazakhstan, e-mail:bmm@kargipro.kz.

КЛАСТЕРНО-АССОЦИИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ВЯЗКОСТИ СРЕДНЕЙ ФРАКЦИЙ НЕФТЕШЛАМА (АТАСУ-АЛАШАНЬКОУ)

С. Тянах^{1*}, М. И. Байкенов¹, Ма Фэн-Юнь², А.М. Макашева³, Т.О. Хамитова⁴, В.П. Малышев³,
А. Молдабаев⁵

¹Карагандинский университет имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,

²Синьцзянский университет, Урумчи, Китайская Народная Республика,

³Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, Караганда, Казахстан,

⁴Казахский сельскохозяйственный исследовательский университет им. Сейфуллина,
Астана, Казахстан,

⁵Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан,
e-mail: saika_8989@mail.ru

Научная новизна работы состоит в отображении температурной зависимости вязкости кластерно-ассоциатной вероятностной математической моделью, иерархическая структура которой адекватна физической природе агрегации частиц без учета их конкретного строения, но с учетом изменения степени их ассоциации с повышением температуры. Расчет данных проводился на основе нового кластерно-ассоциатного уравнения, которое было выведено в рамках концепции хаотизированных частиц. Приведены расчетные данные в температурном диапазоне от температуры начало кипения и конец кипения. Показано, что степень ассоциации кластеров при повышении температуры закономерно понижается, равная в среднем трех-четырёх-частичной компоновке кластеров в ассоциате. Проведено сопоставление кластерно-ассоциатной модели с уравнением Френкеля в логарифмических координатах.

Ключевые слова: катализатор, микросиликат, термодинамика, нефтешлам, вероятностно-детерминированное планирование, вязкость, никель, кобальт

МҰНАЙ ШЛАМЫНЫҢ ОРТА ФРАКЦИЯЛАРЫНЫҢ ТҮТҚЫРЛЫҒЫНЫҢ КЛАСТЕРЛІК-ҚАУЫМДАСТЫРЫЛҒАН МОДЕЛІ (АТАСУ-АЛАШАНЬКОУ)

С. Тянах^{1*}, М. И. Байкенов¹, Ма Фэн-Юнь², А. М. Макашева³, Т. О. Хамитова⁴, В. П. Малышев³,
А. Молдабаев⁵

¹Е. А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды қ., Қазақстан,

²Синьцзян университеті, 830046 Үрімші, Қытай Халық Республикасы,

³Химия-металлургия институты. Ж. Әбішева, Қарағанды қ., Қазақстан,

⁴С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Астана қ., Қазақстан,

⁵Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан,
e-mail: saika_8989@mail.ru

Жұмыстың ғылыми жаңалығы тұтқырлықтың температуралық тәуелділігін кластерлік-ассоциативті ықтималдық математикалық модельмен бейнелеуден тұрады, оның иерархиялық құрылымы бөлшектердің нақты құрылымын ескермей, бірақ температураның жоғарылауымен олардың Ассоциация дәрежесінің өзгеруін ескере отырып, агрегацияның физикалық сипатына сәйкес келеді. Деректерді есептеу хаотикалық бөлшектер тұжырымдамасы аясында алынған жаңа кластерлік-ассоциациялық теңдеу негізінде жүргізілді. Қайнауын басталуы мен қайнауын соңғы температуралық диапазондағы болжамды мәліметтері келтірілген. Температура көтерілген кезде кластерлердің ассоциация дәрежесі табиғи түрде төмендейтіні көрсетілген,

бұл ассоциациядағы кластерлердің орта есеппен үш-төрт-ішінара орналасуына тең. Кластерлік ассоциация моделін логарифмдік координаттардағы Френкель теңдеуімен салыстыру жүргізілді.

Түйінді сөздер: катализатор, микросиликат, термодинамика, мұнай шламы, ықтималдық - детерминирленген жоспарлау, тұтқырлық, никель, кобальт

CLUSTER-ASSOCIATE MODEL FOR THE VISCOSITY OF OILSLUDGE (ATASU-ALASHANKOU) MIDDLE FRACTIONS

S. Tyanakh^{1*}, M.I. Baikenov¹, Ma Feng-Yun², A. M. Makasheva³, T. O. Khamitova⁴, V.P. Malyshev³; A. Moldabaev⁵

¹Karaganda University Named after Academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan,

²Xinjiang University, Xinjiang, China

³Chemical and Metallurgical Institute named after J. Abishev, Karaganda, Kazakhstan,

⁴NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University»Seifullin, Astana, Kazakhstan,

⁵Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: saika_8989@mail.ru

The scientific novelty of the work consists in displaying the temperature dependence of viscosity by a cluster-associated probabilistic mathematical model, the hierarchical structure of which is adequate to the physical nature of particle aggregation without taking into account their specific structure, but taking into account changes in the degree of their association with an increase in temperature. The calculation of the data was carried out on the basis of a new cluster-associative equation, which was derived within the framework of the concept of chaotic particles. The calculated data in the temperature range from the boiling point and the end of boiling are given. It is shown that the degree of cluster association naturally decreases with increasing temperature, equal on average to three-four-part cluster arrangement in the associate. The cluster-associative model is compared with the Frenkel equation in logarithmic coordinates.

Keywords: catalyst, microsilicate, thermodynamics, oil sludge, probabilistic-deterministic design, viscosity, nickel, cobalt

Введение. В стремлении к устойчивым энергетическим решениям и эффективному использованию ресурсов переработка нефтешламов стала многообещающим направлением. Одним из важнейших аспектов этой переработки является определение вязкости полученных жидких фракций, поскольку это непосредственно влияет на текучесть, обращение и переработку этих материалов. С этой целью разработана комплексная модель вязкости, способная охватывать весь температурный диапазон, от начальной температуры кипения до конца температуры кипения, приобретает решающее значение. В этой статье рассматривается метод создания такой модели, особое внимание уделяется модели вязкости, связанной с кластерами кластерно-ассоциированной модели вязкости (КАМВ), применяемой к фракции, полученная в результате гидрогенизации нефтешлама. Вязкость является важнейшим физическим свойством, которое играет значительную роль в поведении и эксплуатационных характеристиках различных жидкостей, включая мас-

ла, топливо и другие нефтепродукты. Он измеряет сопротивление жидкости течению, или, проще говоря, насколько густой или разреженной является жидкость. На вязкость влияет внутреннее трение между молекулами внутри жидкости.

Авторами [1-2] на основе концепции хаотизированных частиц (КХЧ) была разработана кластерно-ассоциатная модель вязкости (КАМВ) жидкости в полном диапазоне от температуры. Показана детальная разработка иерархической кластерно-ассоциатной математической модели вязкости. Модель основана на равновесном распределении Больцмана и поэтому рассматривается как хаосочувствительное свойство жидкости, присущее ей не только в движении, но и в покое. Для адаптации кластерно-ассоциатной модели к экспериментальным данным разработаны определенные приемы обработки данных для идентификации неизвестных параметров модели [1-2].

В настоящей работе исследовано влияние нанокатализатора на основе микросиликата, с нанесенным

никелем и кобальтом на вязкость средней фракции полученная из нефтешлама в процессе гидрогенизации нефтешлама (Атасу-Алашанькоу).

Разработка кластерно-ассоциированной модели вязкости (КАМВ) для средних фракций, образующихся в результате гидрирования нефтешлама, включает в себя создание математического представления, описывающего взаимосвязь между молекулярной структурой компонентов нефтешлама, степенью гидрирования и результирующей вязкостью. Эта модель предназначена для прогнозирования вязкости гидрированного нефтешлама на основе характеристик его молекулярных компонентов и процесса гидрирования.

Цель работы разработка кластерно-ассоциатной модели вязкости полученных фракции с температурой конца кипения до 350°C из нефтешлама и из гидрогенизата в зависимости от количества добавляемых нанокатализаторов (микрокремнезем содержащий никель и кобальт) в процессе деструктивной гидрогенизации нефтешлама.

Материалы и методы. Объектом исследования для проведения экспериментальных работ по определению вязкости широкой фракции с температурой конца кипения до 350°C. Нефтешлам образовался в процессе транспортировки нефти по трубопроводу, предприятию «Казтрансойл» Западно-Казахстанских нефтей Республики Казахстан. Физико-химическая характеристика нефтешлама (Атасу-Алашанькоу), условия проведения экспериментов каталитической гидрогенизации нефтешлама и синтез нанокатализаторов представлены в работе [3-4].

Определение кинематической вязкости широкой фракции нефтешлама с температурой конца кипения до 350°C проводили при температуре 25°C, 30°C, 35°C с помощью автоматического вязкозиметра SYD-265B-1 (производство КНР), где в качестве образцов были выбраны фракции полученные из исходного нефтешлама и гидрогенизата. Образец 1 - исходная фракция с температурой конца кипения до 350°C полученная из нефтешлама, Образец 2 - фракция с температурой конца кипения до 350°C фракционированный из гидрогенизата (гидрогенизат получен в процессе гидрогенизации нефтешлама в присутствии нанокатализатора содержащий микрокремнезем с нанесенным кобальтом и никелем), Образец 3 - фракция с температурой конца кипения до 350°C фракционированный из гидрогенизата (гидрогенизат получен в процессе гидрогенизации нефтешлама в присутствии нанокатализатора содержащий

микрокремнезем с нанесенным кобальтом) [3].

Согласно этой концепции, в соответствии с фундаментальным распределением Больцмана течение рассматривается как разрушение ассоциатов кластеров, состоящих из кристаллоподвижных частиц. Разрушение происходит путем преодоления сил ван-дер-ваальсового притяжения между кластерами, что в принципе не противоречит существующим представлениям о вязком течении и подчиняется новой зависимости [5]:

$$\eta = \eta_1 \left(\frac{T_1}{T} \right)^a, \quad (1)$$

где η_1 – реперная экспериментальная (справочная) точка динамической вязкости при температуре T_1 (К), мПа·с; a – безразмерная степень ассоциации кластеров (в приближении ее постоянства). Для выражения температурной зависимости показателя a необходимо иметь вторую реперную точку η_2, T_2

$$a = a_2 \left(\frac{T_2}{T} \right)^b, \quad (2)$$

где b - мера понижения степени ассоциации кластеров. Для идентификации показателя b используется третья реперная точка η_3, T_3

$$a_2 = \frac{\ln(\eta_2/\eta_1)}{\ln(T_1/T_2)}, \quad (3)$$

$$a_3 = \frac{\ln(\eta_3/\eta_1)}{\ln(T_1/T_3)}, \quad (4)$$

$$b = \frac{\ln(a_3/a_2)}{\ln(T_2/T_3)}. \quad (5)$$

Для металлов показатель b составляет не более единицы и принимается постоянным. Он трактуется как степень агрегации ассоциатов, слабо выраженной для неорганических веществ.

Таким образом, общая форма двухуровневой иерархической модели будет представлена следующим образом:

$$\eta = \eta_1 \left(\frac{T_1}{T} \right)^{a_2 \left(\frac{T_2}{T} \right)^b} \quad (6)$$

При этом КАМВ (6) можно определить как обобщенное полуэмпирическое, поскольку, сохраняя причастность к фундаментальному распределению Больцмана, в нем используются реперные значения (при T_1, T_2 и T_3).

Реперные точки целесообразно выбирать соответственно в начале, середине и в конце всего имеющегося экспериментального массива η_i, T_i . В этом случае можно ограничиться расчетом a_2, a_3 и b , не обрабатывая весь экспериментальный массив, с дальнейшим введением необходимых величин в модель (6) и вычислением η для сопоставления со всеми экспериментальными значениями по коэффициенту корреляции.

Результаты и обсуждение. Для установления величины динамической вязкости нами был применен кластерно-ассоциатной модель, где в качестве исходных данных была использована величина вязкости определенная экспериментальным путем по нефтешламу и полученные фракции из гидрогенизата. В таблице 1 представлены экспериментальные величины вязкости образцов 1, 2, 3.

Таблица 1 - Исходные данные вязкости образцов 1, 2, 3

Т, К	Образец 1, η_1 (э), мм ² ·с ²	Образец 2, η_1 (э), мм ² ·с ²	Образец 3, η_1 (э), мм ² ·с ²
298	2.45	1.53	1.42
303	2.19	1.44	1.29
308	2.16	1.4	1.23

Рассчитаем по имеющимся данным вязкость по КАМВ (6).

Из приведенного экспериментального массива данных таблица 1 величины вязкости (η_i) и температуры (T_i) они же были выбраны в качестве реперных точек $T_1, \eta_1; T_2, \eta_2; T_3, \eta_3$. По этим точкам с помощью формул (3)-(5) рассчитаны значения a_2 и b (табл. 2) и в соответствии с моделью (6) получены расчетные уравнения вязкости.

Таблица 2 - Параметры КАМВ (6) по расчетным величинам вязкости образцов 1, 2, 3

Необходимые параметры	Образец 1	Образец 2	Образец 3
a_2	6.74	3.64	5.77
b	34.76	18.53	17.24

Расчетные величины по вязкости исследуемых веществ приведены в таблицах 3-5.

Таблица 3 - Расчётные величины вязкости образец 1 по КАМВ (6)

Т, К	η_1 (э), мПа·с	$\eta(7)$, мПа·с	a
298	2.45	2.45	12.02
303	2.19	2.19	6.74
308	2.16	2.16	3.82

Таблица 4 - Расчетная величина по вязкости образец 2 по КАМВ (6)

Т, К	η_1 (э), мПа·с	η (8), мПа·с	a
298	1.53	1.53	4.96
303	1.44	1.44	3.64
308	1.40	1.40	2.69

Таблица 5 - Расчетная величина по вязкости образец 2 по КАМВ (6)

Т, К	η_1 (э), мПа·с	η (9), мПа·с	a
298	1.42	1.42	7.69
303	1.29	1.29	5.77
308	1.23	1.23	4.35

Для каждого образца приведены расчетные уравнения.

Для образца 1:

$$\eta = 2.45 \left(\frac{298}{T} \right)^{6.74 (303/T)^{34.76}}, \text{ мПа·с.} \quad (7)$$

Для образца 2:

$$\eta = 1.53 \left(\frac{298}{T} \right)^{3.64 (303/T)^{18.53}}, \text{ мПа·с.} \quad (8)$$

Для образца 3:

$$\eta = 1.42 \left(\frac{298}{T} \right)^{5.77 (303/T)^{17.24}}, \text{ мПа·с.} \quad (9)$$

Изменение вязкости для исследуемых образцов 1 показано на рисунке 1.

Как видно из таблиц 3-5 степень ассоциации кластеров а с ростом температуры закономерно понижается для всех веществ, соответствуя динамике разрушения ассоциатов. Необходимо отметить, что в данном случае для органических веществ понятия кластера и ассоциата будут отличаться от понятий для расплава металлических сплавов. В данном случае нужно за единицу кластера принять мономер, а ассоциат а - полимер, состоящий из соответствующих мономеров. Чем выше температура, тем короче длина цепочки или длина полимера. Следовательно, происходит деструкция вещества с улучшением его текучести.

Так как для построения парциально-кластерной модели вязкости были взяты имеющиеся три точки, то предлагаемые модели (6)-(9) формально полностью согласуются с экспериментальными величинами в рассматриваемых диапазонах, и коэффициент нелинейной множественной корреляции равен $R = 1$.

Однако полученные модели можно использовать только для ограниченного прогнозирования поведения веществ как в нижнем, так и в верхнем температурных диапазонах из-за недостатка экспериментальных точек (рисунок 1).

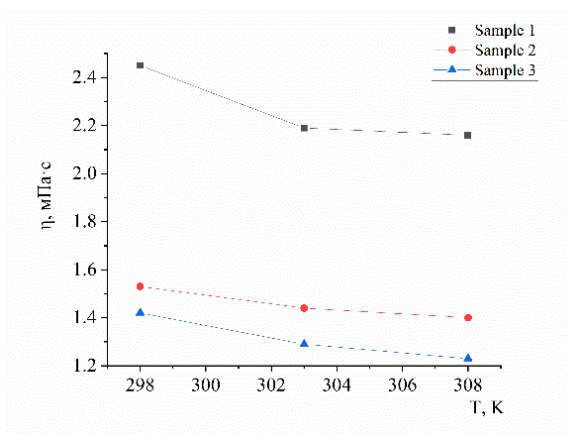


Рис. 1 - Зависимость динамической вязкости от температуры для исследуемых веществ, Образец 1, 2, 3 точки - экспериментальные данные, линии – по уравнениям (7)-(9)

Термодинамические характеристики исследуемых веществ при согласовании кластерно-ассоциатной модели с уравнением Френкеля

Для сравнения кластерно-ассоциатной модели вязкости с моделью Френкеля, а также взаимного согласования этих моделей и получения термодинамических характеристик данные из таблиц 3-5 представили в логарифмических координатах (таблицы 6-8 и рисунки 2-4).

Таблица 6 - Расчетные величины по вязкости образец 1 в логарифмических координатах

T, К	$10^3/T$	η_1 (э), мПа·с	$\ln\eta_1$ (э)	$\eta(7)$, мПа·с	$\ln\eta(7)$
298	3.36	2.45	0.90	2.45	0.90
303	3.30	2.19	0.78	2.19	0.78
308	3.25	2.16	0.77	2.16	0.77

Таблица 7 - Расчетные величины по вязкости образец 2 в логарифмических координатах

T, К	$10^3/T$	η_1 (э), мПа·с	$\ln\eta_1$ (э)	$\eta(8)$, мПа·с	$\ln\eta(8)$
298	3.36	1.53	0.43	1.53	0.43
303	3.30	1.44	0.36	1.44	0.36
308	3.25	1.40	0.34	1.40	0.34

Таблица 8 - Расчетные величины по вязкости образец 3 в логарифмических координатах

T, К	$10^3/T$	η_1 (э), мПа·с	$\ln\eta_1$ (э)	$\eta(9)$, мПа·с	$\ln\eta(9)$
298	3.36	1.42	0.35	1.42	0.35
303	3.30	1.29	0.25	1.29	0.25
308	3.25	1.23	0.21	1.23	0.21

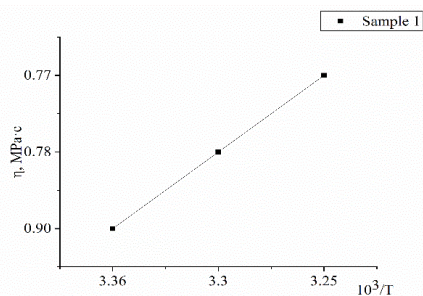


Рис. 2 - Логарифмическая зависимость вязкости образца 1 от обратной температуры
Квадратики - экспериментальные данные, точки - по данным таблицы 6, прямая линия - по уравнению Френкеля

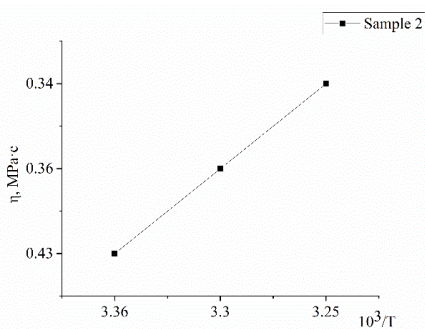


Рис. 3 - Логарифмическая зависимость вязкости образец 2 от обратной температуры
Квадратики - экспериментальные данные, точки - по данным таблицы 7, прямая линия - по уравнению Френкеля

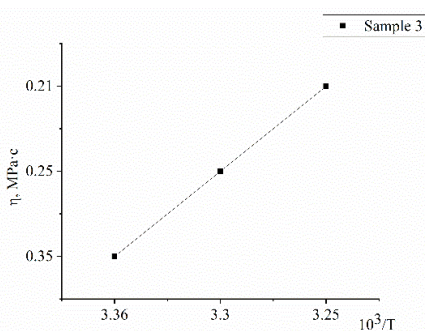


Рис. 4 - Логарифмическая зависимость вязкости образец 3 от обратной температуры
Квадратики (или квадрат) – экспериментальные данные, точки – по данным таблицы 8, прямая линия – по уравнению Френкеля

В этих координатах близкие к прямолинейному размещение данных наблюдается во всем темпера-

турном диапазоне точек для образца 2 и 3. Для образца 1 экспериментальные точки расположены с явным разбросом от прямолинейности, что было заметно изначально по экспериментальным точкам. Однако обработка этих данных по методу наименьших квадратов полученное уравнение прямой оказалось достаточно значимой.

Значимое прямолинейное размещение данных дает право на определение энергии активации вязкого течения по уравнению Френкеля

$$\eta = \eta_0 e^{\frac{E_a}{RT}}, \quad (10)$$

где η_0 и E_a - постоянные (η_0 иногда рассматривают как функцию температуры); e - основание натуральных логарифмов; T - абсолютная температура; R - газовая постоянная.

Обработку данных по вязкости в логарифмических координатах по этому уравнению

$$\ln \eta = \ln \eta_0 + \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} \quad (11)$$

следует проводить методом наименьших квадратов при использовании расчетных данных по вязкости по модели (6), так как линеаризация основана на уравнении Френкеля, а не на КАМВ (6), обеспечивающей соответствие парциально-кластерной зависимости вязкости от температуры.

При этом в уравнении прямой $y = ax + b$:

$$y = \ln \eta, \frac{E_a}{R}, x = \frac{1}{T}, b = \ln \eta_0.$$

В результате получим

$$E_a = aR \text{ Дж/моль}, \eta_0 = e^b \text{ мПа·с.}$$

По образцу 1

$$\eta_0 = 0.049, E_a = 9.655 \text{ кДж/моль}, \quad (12)$$

$$\eta = 0.049 \cdot e^{\frac{9655}{RT}} \text{ мПа·с.}$$

Коэффициент корреляции кластерно-ассоциатной модели с уравнением Френкеля составил $R = 0.8327$ при его значимости $t_R = 2.72$ ($t_R > 2$), $D = R^2 = 0.6934$. Это свидетельствует о близости результатов расчета вязкости по обеим моделям, рассматривающим эту характеристику с различных точек зрения - молекулярно-кинетической и вероятностной.

Результаты, полученные по кластерно-ассоциатной модели и по уравнению Френкеля для

образца 1 в полном диапазоне жидкого состояния приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Сопоставление расчетные величины вязкости образец 1 по (7) и (12)

T, K	$\eta(7)$, мПа·с	$\eta(12)$, мПа·с
298	2.45	2.41
303	2.19	2.26
308	2.16	2.13

Уравнение Френкеля для образца 2:

$$\eta = 0.098 \cdot e^{\frac{6790}{RT}}, \text{ мПа}\cdot\text{с.} \quad (13)$$

Коэффициент корреляции по экспериментальным данным составил $R = 0.9612$ при значимости $t_R = 12.63$ ($t_R > 2$) и степени детерминации $D = R^2 = 0.9239$, что также свидетельствует о близости результатов расчета вязкости по обеим моделям.

Таблица 10 - Сопоставление расчетные величины вязкости образец 2 по (8) и (13)

T, K	$\eta(8)$, мПа·с	$\eta(13)$, мПа·с
298	1.53	1.52
303	1.44	1.46
308	1.40	1.39

Уравнение Френкеля для образца 3:

$$\eta = 0,017 \cdot e^{\frac{10981}{RT}}, \text{ мПа}\cdot\text{с.} \quad (14)$$

Таблица 11 - Сопоставление расчетные величины вязкости образец 3 по (9) и (14)

T, K	$\eta(9)$, мПа·с	$\eta(14)$, мПа·с
298	1.42	1.41
303	1.29	1.31
308	1.23	1.22

Коэффициент корреляции по экспериментальным данным составил $R = 0.9675$ при значимости $t_R = 15.14$ ($t_R > 2$) и степени детерминации $D = 0.9361$, что свидетельствует о близости двух моделей.

Таким образом, мы получили энергию активации для всех трех веществ: для образца 1 $E_a =$

9655 Дж/моль, для образца 2 - 6790 Дж/моль, для образца 3 - 10981 Дж/моль.

Также можно определить, сколько приходится энергии активации на 1 мономер. Для этого необходимо посчитать среднеинтегральное значение степени ассоциации кластеров.

Это значение \bar{a} может быть аналитически определено на основе формулы (2) в виде среднеинтегральной величины.

$$\bar{a} = \frac{a_2 T_2^b (T_{up}^{1-b} - T_l^{1-b})}{(1-b)(T_{up} - T_l)}, \quad (15)$$

где T_l - нижнее (low), T_{up} - верхнее (upper) значения температурного интервала.

Поскольку величина \bar{a} характеризует среднее число кластеров в ассоциате (или в нашем случае, для органического вещества, число мономеров в полимере), то по отношению E/\bar{a} можно определить энергию активации, приходящуюся на 1 кластер или один мономер и имеющую смысл энергии разрыва связи кластера с ассоциатом, то есть начала разрушения полимера.

Среднеинтегральные значения степени ассоциации кластеров исследуемом диапазоне согласно (15) для образца 1, 2, 3 приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Энергия активации E_a , среднеинтегральное значение степени ассоциации кластеров \bar{a} и отношение E/\bar{a} для образца 1, 2, 3.

Фракции	E_a , кДж/моль	\bar{a}	E/\bar{a} , кДж/моль
Образец 1	9.655	7.13	1.354
Образец 2	6.789	3.70	1.833
Образец 3	10.981	5.85	1.876

Как было показано ранее на других объектах [6-9], во всех случаях удельная энергия активации вязкого течения, E/\bar{a} , не выходила за пределы энергии сил ван-дер-ваальсового притяжения, 2-20 кДж/моль, как указано авторами работы [10]. Все величины энергии активации фракции образцов 1, 2, 3 приведенные в таблице 11 находятся в нижнем диапазоне энергии ван-дер-ваальсового притяжения молекул, то есть их можно сравнить с полимерными материалами [10], где очень слабые связи образования молекулярных связей, основанны на физическом при-

тяжении мономеров друг к другу без образования фиксированных связей. Будучи наиболее слабыми и ненасыщенными межмолекулярными связями, они преодолеваются в первую очередь, что дает повод авторам [1-2] утверждать о такой природе вязкого течения, которая состоит в разрушении ассоциатов без деструкции кластеров, сохраняющих даже при виртуальном своем существовании энергию связи атомов в твердом состоянии.

Выводы. В заключение, кластерно-ассоциативная модель демонстрирует свою жизнеспособность при описании зависящей от температуры динамической вязкости нефтешламов и гидрогенизированных фракций по всему спектру жидкого состояния,

включая экстраполяцию начальной и конечной точек кипения. Это предложенное соотношение вязкости служит начальным приближением, особенно для ситуаций, когда отсутствуют точные экспериментальные данные. Примечательно, что близкое соответствие между кластерно-ассоциативной моделью вязкости и моделью Френкеля в практическом плане подчеркивает их взаимную совместимость и потенциал для того, чтобы эти модели дополняли друг друга. По мере поступления дополнительных экспериментальных данных точность и применимость кластерно-ассоциативной модели могут быть уточнены, что расширит наше понимание поведения вязкости в этих сложных системах.

Литература

1. Малышев В.П., Нурмагамбетова А.М. Концепция хаотизированных частиц как основа единого отображения твердого, жидкого и газообразного состояний вещества // Вестник Казахского Национального Университета, сер. хим. – 2004. – № 3. – стр. 53-67.
2. Makasheva A.M., Malyshev V.P. Cluster-Associate Model for the Viscosity of Sodium Fluoride in Comparison with the Frenkel Model // Russian Metallurgy (Metally), 2021, V. 2. - pp. 176-180. <https://doi.org/10.1134/S0036029521020154>
3. Tyanakh S., Baikenov M.I., Ma Feng-Yun, Fomin V.N., Baikenova G.G., Ashimhanov A.S., & Seitzhan R.S. (2023) Determination of Optimal Conditions for Catalytic Hydrogenation of Oil Sludge (Atasu-Alashankou).- Eurasian Journal of Chemistry.-Vol.110(2).-pp.139-146 <https://doi.org/10.31489/2959-0663/2-23-15>.
4. Tyanakh S., Baykenov M.I., Tusipkhan A., Aitbekova D.E., Balpanova N.Zh., Ma Fan Yung (2022) // Kinetic study of the thermolysis process of oil sludge (Atasu-Alashankou) with nickel, cobalt and iron deposited on microsilicate. - Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 2 (6 (116), pp.19-24 <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255666>.
5. Малышев В.П., Турдукожаева А.М. Уточнение кластерно-ассоциативной модели вязкости расплавов на основе учета влияния температуры на степень ассоциации кластеров // Расплавы. - 2011. - № 6. - стр. 72-79.
6. Малышев В.П. Вероятностно-детерминированное отображение. - Алматы: Ғылым, 1994. - 376 с.
7. Malyshev V.P., Makasheva A.M. Relationship between the cluster theory of liquids and the Frenkel-Andrade viscosity model. Russ Chem Bull. - 2020.- № 69.- pp.1296-1305 <https://doi.org/10.1007/s11172-020-2901>.
8. Макашева А.М., Бекбаева Л.А. Кластерно-ассоциативная модель вязкости сплава свинец-олово в сопоставлении с моделью Френкеля-Андрэ // Вестник КазНУ. - 2021. – Т. 143.- № 2. - стр. 134-145. DOI: <https://doi.org/10.51301/vest.su.2021.i2.18>
9. Бекбаева Л.А., Малышев В.П., Мамяченков С.В., Макашева А.М. Кластерно-ассоциативная модель вязкости карбоната калия // Комплексное использование минерального сырья.- 2022. - № 2. - стр. 93-98. <https://doi.org/10.31643/2022/6445.22>
10. Сидоров В.И., Устинова Ю.В., Никифорова Т.П. Общая химия. Учеб. для вузов: - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов.- 2014.- 440 с.

References

1. Malyshev V.P., Nurmagambetova A.M. The concept of chaotic particles as a basis for a unified representation of solid, liquid and gaseous states of matter // Bulletin of the Kazakh National University, ser. Chem. - 2004. -№ 3.- pp.53 - 67.

2. Makasheva A.M., Malyshev V.P. Cluster-Associate Model for the Viscosity of Sodium Fluoride in Comparison with the Frenkel Model // Russian Metallurgy (Metally), 2021, V. 2. - pp. 176-180. <https://doi.org/10.1134/S0036029521020154>
3. Tyanakh S., Baikenov M.I., Ma Feng-Yun, Fomin V.N., Baikenova G.G., Ashimhanov A.S., & Seitzhan R.S. (2023) Determination of Optimal Conditions for Catalytic Hydrogenation of Oil Sludge (Atasu-Alashankou).- Eurasian Journal of Chemistry.-Vol.110(2).-pp.139-146 <https://doi.org/10.31489/2959-0663/2-23-15>.
4. Tyanakh S., Baykenov M.I., Tusipkhan A., Aitbekova D.E., Balpanova N.Zh., Ma Fan Yung (2022) // Kinetic study of the thermolysis process of oil sludge (Atasu-Alashankou) with nickel, cobalt and iron deposited on microsilicate. - Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 2 (6 (116), pp.19-24 <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255666>.
5. Malyshev V.P., Turdukozhaeva A.M. Refinement of the cluster-association model of melt viscosity based on the effect of temperature on the degree of association of clusters // Melts. - 2011. - № 6. - pp. 72-79.
6. Malyshev V.P. Probabilistic-deterministic mapping. - Almaty: Fylym, 1994. - 376 с.
7. Malyshev V.P., Makasheva A.M. Relationship between the cluster theory of liquids and the Frenkel-Andrade viscosity model. Russ Chem Bull. - 2020.- № 69.- pp.1296-1305
<https://doi.org/10.1007/s11172-020-2901>.
8. Makasheva A.M., Bekbaeva L.A. Cluster-associate model of viscosity of lead-tin alloy in comparison with the Frenkel-Andrade model // Bulletin of KazNITU.- 2021.- Т. 143.- № 2. - pp. 134-145. DOI: <https://doi.org/10.51301/vest.su.2021.i2.18>.
9. Bekbaeva L.A., Malyshev V.P., Mamyachenkov S.V., Makasheva A.M. Cluster-associate model of the viscosity of potassium carbonate // Integrated use of mineral raw materials.- 2022. - № 2. - pp. 93-98. <https://doi.org/10.31643/2022/6445.22>.
10. Sidorov V.I., Ustinova Y.V., Nikiforova T.P. General chemistry. Textbook for universities: - М.: Publishing House of the Association of Construction Universities.- 2014.- 440 p.

Сведения об авторах

Тянах С. - магистрант, докторант Карагандинского университета имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан, e-mail: saika_8989@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5343-4695>.

Байкенов М.И. - профессор, Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан, e-mail: murzabek_b@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8703-0397>

Ма, Фэн-Юнь - доктор философии, профессор, Синьцзянский университет, Урумчи, КНР, e-mail: ma_fy@126.com;

Хамитова Т. О. - доктор философии, НЧАО "Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина", Астана, Казахстан, e-mail: khamitova.t@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4691-3732>

Макашева А.М. - доктор технических наук, профессор, Химико-металлургический институт имени Абишева, Караганда, Казахстан, e-mail: astra_mun@mail.ru;

Малышев В.П. - доктор технических наук, профессор, Химико-металлургический институт имени Абишева, Караганда, Казахстан, e-mail: eia_hmi@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3996-1533>;

Молдабаев А. - старший преподаватель, кандидат химических наук, Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан, e-mail: amirbek.moldabaev@mail.ru.

Information about authors

Tyanakh S. - master, doctoral student Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: saika_8989@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5343-4695>;

Baikenov M. I. - professor, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: murzabek_b@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8703-0397>;

Ma Feng-Yun - PhD, Professor, Xinjiang University, Urumqi, PCR, e-mail: ma_fy@126.com;

Khamitova T. O. - PhD, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan, e-mail: khamitova.t@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4691-3732>;

Makasheva A. M. - Doctor of Technical Sciences, professor, Abishev Chemical and Metallurgical Institute, , Karaganda, Kazakhsta, e-mail: astra_mun@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2249-3435>

Malyshev V. P. - Doctor of Technical Sciences, Professor, , Abishev Chemical and Metallurgical Institute, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: eia_hmi@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3996-1533>;

Moldabaev A.- senior lecturer candidate of chemical sciences., Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: amirbek.moldabaev@mail.ru.

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE RECONSTRUCTION OF THE SECTION OF THE MAIN OIL AND GAS PIPELINE

N.T. Smailova^{1*}, A.Y. Popov²

¹Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,

² Omsk State Technical University, Omsk, Russia,

email: ganibek2006@mail.ru

The article proposes a new solution for laying an oil pipeline with the help of a repair pit, which allows to preserve the fertile layer of the earth, which is difficult to restore after conventional work in the traditional way. An analysis of the occurrence of defects was carried out and a conclusion was made about the criteria and operating conditions of the oil pipeline that affect their occurrence. As a novelty, the scheme of the repair pit of the main oil pipeline is proposed. The proposed novelty will significantly optimize and increase productivity during the reconstruction of the main oil pipeline. This method is distinguished by simplicity, as well as the preservation of a fertile soil layer, which is quite important in the conditions of the sharply continental climate of the oil pipeline area. The ongoing reconstruction of the pipeline will allow replacing defective sections of the pipeline, thereby increasing the service life and avoiding accidents on the pipeline, which is quite an important factor in the conditions of uninterrupted supply of petroleum products to the consumer.

Keywords: trunk pipeline, oil pipeline, reconstruction, defective sections, laying of an oil pipeline.

МАГИСТРАЛЬДЫҚ МҰНАЙ-ГАЗ ҚҰБЫРЫ УЧАСКЕСІН РЕКОНСТРУКЦИЯЛАУ КЕЗІНДЕГІ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ШЕШІМДЕРІ

Смайлова Н.Т.¹, Попов А.Ю.²

¹Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,

²Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ., Ресей

email: ganibek2006@mail.ru

Мақалада дәстүрлі әдіспен әдеттегі жұмыстардан кейін қалпына келтіру қиын болатын жердің құнарлы қабатын сақтауға мүмкіндік беретін жөндеу шұңқырының көмегімен мұнай құбырын төсеу туралы жаңа шешім ұсынылған. Ақаулардың пайда болуына талдау жасалды және олардың пайда болуына әсер ететін мұнай құбырының өлшемдері мен жұмыс жағдайлары туралы қорытынды жасалды. Жаңалық ретінде магистральдық мұнай құбырын жөндеу шұңқырының схемасы ұсынылады. Ұсынылған жаңалық магистральдық мұнай құбырын қайта құру жұмыстарын жүргізу кезінде өнімділікті айтарлықтай оңтайландыруға және арттыруға мүмкіндік береді. Бұл әдіс қарапайымдылығымен, сондай-ақ топырақтың құнарлы қабатының сақталуымен ерекшеленеді, бұл мұнай құбыры орналасқан жердің күрт континентальды климаты жағдайында өте маңызды. Мұнай құбырын қайта жаңарту мұнай құбырының ақаулы учаскелерін ауыстыруға, сол арқылы қызмет ету мерзімін ұзартуға және мұнай құбырындағы аварияларды болдырмауға мүмкіндік береді, бұл тұтынушыға мұнай өнімін үздіксіз беру жағдайында айтарлықтай маңызды фактор болып табылады.

Түйінді сөздер: магистральдық құбыр, мұнай құбыры, қайта құру, ақаулы учаскелер, мұнай құбырын құрастыру.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ УЧАСТКА МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕГАЗОПРОВОДА

Смайлова Н.Т.¹, Попов А.Ю.²

¹Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана, Казахстан,

В статье предложено новое решение по прокладке нефтепровода при помощи ремонтного котлована, позволяющего сохранить плодородный слой земли, который в последствии обычных работ традиционным способом трудно подлежит восстановлению. Проведен анализ возникновения дефектов и сделан вывод о критериях и условиях работы нефтепровода, влияющих на их возникновение. В качестве новизны предлагается схема ремонтного котлована магистрального нефтепровода. Предложенная новизна позволит значительно оптимизировать и увеличить производительность при проведении работ по реконструкции магистрального нефтепровода. Данный способ отличает простота, а также сохранение плодородного слоя почвы, что немало важно в условиях резко-континентального климата местности пролегания нефтепровода. Проводимая реконструкция нефтепровода позволит заменить дефектные участки нефтепровода, тем самым увеличить срок службы и избежать аварий на нефтепроводе, что является немало важным фактором в условиях бесперебойной подачи нефтепродукта потребителю.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, нефтепровод, реконструкция, дефектные участки, прокладка нефтепровода.

Introduction. The fuel and energy complex is the basis for the development of all sectors of the economy of Kazakhstan. Its most important element is the system of trunk pipelines for the transport of oil, gas and their refined products. The geographical location of oil and gas fields in Kazakhstan and their consumers puts pipeline transport in the first place among all other types. Only pipeline transport is able to guarantee uninterrupted and uniform supply of significant cargo flows of oil, gas, and petroleum products, while ensuring the lowest economic costs. It is also important that pipeline transport, with proper trouble-free operation, is environmentally friendly.

For oil, pipeline transport is the main mode of transport in our country. Pipeline transportation of oil is the most economical, environmentally friendly, and easily automated. These advantages over other modes of transport explain its intensive development [1-3].

Modern trunk pipelines are independent transport enterprises equipped with a complex of head, intermediate pumping pumping stations of high capacity with the necessary production and auxiliary facilities.

Failures on trunk pipelines cause not only great economic damage due to product losses and disruption of the continuous production process in related industries, but can be accompanied by environmental pollution, fires and even human casualties.

Modern conditions of oil pipeline transportation are characterized by the natural aging of fixed assets, increased requirements for their environmental safety and the need to maintain the linear part of the main oil pipelines in working condition for the uninterrupted

provision of transport services to oil companies [4-6].

When transporting large volumes of oil at high pressures, it is necessary to ensure the reliability of the main oil pipelines and the prevention of failures and accidents. The natural aging of oil trunk pipelines and, in connection with this, a significant increase in the requirements for their environmental safety are characteristic features of the working conditions of oil pipeline transport. These moments determine the main directions of improving the system of prevention and liquidation of emergency situations in the industry.

Materials and methods. The quality of repair work is largely determined by the perfection of the machines and mechanisms used, the high-quality organization of operational control at all stages of repair and, finally, the competent fulfillment of the requirements of repair technology. The rational solution consists in carrying out effective preventive actions, consisting in timely detection of pipe defects, in carrying out repairs in order to eliminate the adverse effects of defects, to prevent their dangerous development [7-9]. The reconstruction of the existing Kalamkas-Karazhanbas-Aktau oil pipeline (Kazakhstan oil pipeline) connecting the Buzachin oil and gas fields of Kalamkas, Karazhanbas, Severnoye Buzachi, Arman, Zhalgistube with the city of Aktau is being considered, which will then connect with the Aktau-Zhetybai-Uzen oil pipeline. By means of a planned diagnostic study on the Kalamkas-Karazhanbas-Aktau oil pipeline, on a section of 30 km from the «Kalamkas» GNPS in the direction of the «Karazhanbas» GNPS, a section of deterioration of the pipeline along a length of 50 km was detected.



Scheme of main pipelines

On this section of the pipeline, according to the results of in-line and electrometric diagnostics, the following defects were identified:

- insulation defects (unsatisfactory adhesion, gusts, lack of insulation, etc.);
- corrosion defects (wall thinning, the effect of stress corrosion, brook corrosion, etc.);
- defects in welded joints (due to wear and defects during construction and installation work);
- defects in the geometry of the pipeline (dents, corrugations, ovality of more than 3%, etc.);

Along the pipeline route of the investigated section, 80% of the length is occupied by defects of priority repair.

The reconstructed section of the oil pipeline is laid in a separate trench at a distance of 4 meters from the existing route of the Kalamkas-Karazhanbas-Aktau oil pipeline with subsequent opening and dismantling of the replaced one. The target of the reconstructed section is moved to the right along the course of the oil [10].

Before laying, the new oil pipeline thread must be fully ready for connection to the existing oil pipeline: welded into a thread, cleaned and insulated with anticorrosive insulation. The pipeline, welded into a thread, as well as individual sections of pipes on the route should be laid on inventory beds with soft gaskets that exclude insulation damage. Laying the pipe on earthen prisms is not allowed.

The proposed novelty relates to the repair of pipelines. The repair pit contains slopes with specified slopes on both sides of the main pipeline, while the pipeline is located in the ground with a minimum wall thickness of at least 200-300 mm, and a flat bottom is formed on both sides of the pipeline located in the ground to the width of the excavator bucket. The soil extracted from the pit is located at least 500 mm from the edge of the slopes of the pit on both sides. The method of developing a repair pit along the main pipeline consists in the fact that the repair pit is formed in the form of a trench, and the fertile soil layer is removed beforehand, the drainage strip is cleared of shrubs and vegetation, the trench axis is broken down and fixed on the terrain, the latter is made by the end face method when a single-bucket excavator moves along the axis of the newly laid oil pipeline instead of the repaired one. The soil removed from the trench is placed in the dump no closer than 0.5 - 0.7 m from the edge of the trench. When developing a trench with a single-bucket excavator, hangers are placed along the axis of the trench in front of it along the course of its movement and behind along the already dug trench, and in rectilinear sections, along the course of its movement, landmarks with a height of 1 - 3 m are set every 30 - 50 m. To increase the accuracy of the excavator movement on curved sections relative to the trench within the curve along the width of the tracks or along the width of the trench on both sides, landmarks are set every 1-2 m. As a result, simplification of work

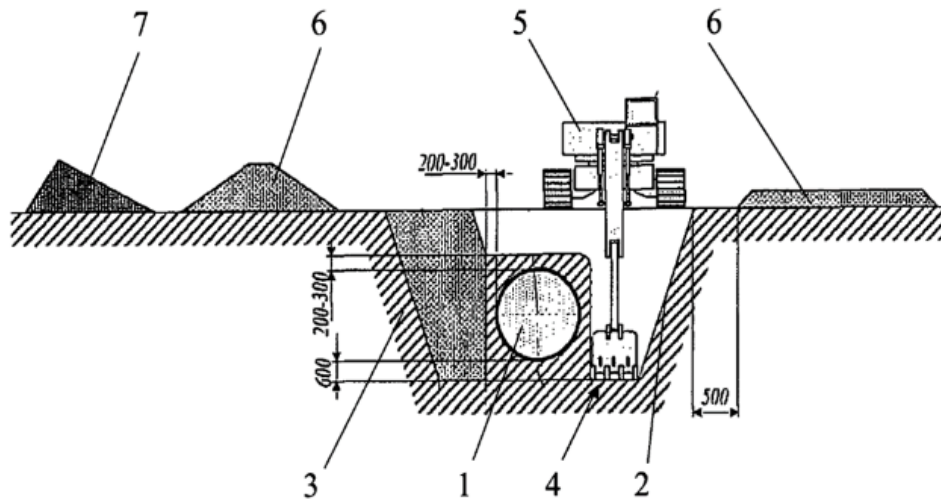
is achieved by minimizing manual labor with minimal environmental impact [11].

Results and discussion. The repair pit contains slopes with specified slopes on both sides of the main pipeline, while the pipeline is located in the ground with a minimum wall thickness of at least 200-300 mm, and a flat bottom is formed on both sides of the pipeline located in the ground to the width of the excavator bucket. The technical result is that it is possible to simplify the work by reducing manual labor as much as possible with minimal environmental impact. The repair pit along the main pipeline 1 contains on both sides of the main pipeline 1 slopes 2 with specified slopes (steepness). The main pipeline 1 is located in the ground 3 with a minimum thickness of the soil wall of at least 200 - 300 mm, and on both sides of the main pipeline 1 located in the ground 3, a flat bottom 4 is formed for the width of the excavator bucket 5. The soil extracted from the pit 6 is located at least 500 - 700 mm from the edge of the slopes 2 of the pit on both sides.

The method of developing a repair pit along the main pipeline 1, in particular the oil pipeline, is that the repair pit is formed in the form of a trench, and the fertile soil layer is previously removed, which is formed in the form of a separate dump 7, the drainage strip is cleared

of shrubs and vegetation, the axis of the trench is broken down and fixed on the terrain, which is made by end face when moving a single-bucket excavator 5 along the axis of the newly laid oil pipeline instead of the repaired one, while the soil 6 removed from the trench, they are placed in the dump no closer than 0.5 - 0.7 m from the edge of the trench. When developing a trench with a single-bucket excavator 5, hangers are placed along the axis of the trench (not shown in the drawing) in front of it along the course of its movement and behind along the already dug trench, and in rectilinear sections, along the course of its movement, landmarks (hangers) with a height of 1 - 3 m are set every 30 - 50 m, to increase the accuracy of movement excavators on curved sections relative to the trench within the curve along the width of the tracks or along the width of the trench on both sides set landmarks every 1-2 m. [12-13].

During the work carried out, it was found that the described method ensures the precise movement of the excavator 5 along the underground main pipeline 1 laid in the ground, and no strengthening of the slopes is required, the ingress of soil from the dumps into the trench is completely prevented and the fertile soil layer is preserved, which fully allows restoring the environment after repair work on the main pipeline and at the same time, minimize the use of manual labor to clean the main pipeline under repair from the ground.



Scheme of the repair pit of the main oil pipeline

The trench, preferably, is deepened no more than 3.0 m, but not less than 1.6 m, along the lower base the trench is expanded no more than 4 m, while the slopes of the trench, arranged without fasteners in soils located

above the groundwater level, are performed with the greatest steepness equal to $45^\circ - 60^\circ$ with respect to the horizontal.

This method ensures the precise movement of the

excavator 5 along the underground main pipeline 1 laid in the ground, and no strengthening of the slopes is required, the ingress of soil from the dumps into the trench is completely prevented and the fertile soil layer is preserved, which fully allows restoring the environment after repair work on the main pipeline and at the same time minimizing the use of manual labor for cleaning the main pipeline being repaired from the ground.

Conclusions. The proposed novelty will significantly optimize and increase productivity during the reconstruction of the main oil pipeline. This method is distinguished by simplicity and economic

expediency, as well as the preservation of a fertile soil layer, which is quite important in the conditions of the sharply continental climate of the oil pipeline area.

The proposed novelty will significantly optimize and increase productivity during the reconstruction of the main oil pipeline. This method is distinguished by simplicity and economic expediency, as well as the preservation of a fertile soil layer, which is quite important in the conditions of the sharply continental climate of the oil pipeline area. The restoration of the fertile soil layer is significantly reduced and practically not affected, in the conditions of reconstruction and repair of the main oil pipeline.

Литература

1. РД 39-033-02 «Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов» - Астана: ЗАО «КазТрансОйл».- 2014.
2. Азметов Х. А. Прочность и устойчивость магистральных нефтепроводов / Х. А. Азметов, И. А. Матлашов, А. Г. Гумеров. - М. : Недра, 2005. - 248 с.
3. Коршак А. А. Обеспечение надежности магистральных трубопроводов / А. А. Коршак, Г. Е. Коробков, В. А. Душин, Р. Р. Набиев. - Уфа : ДизайнПолиграфСервис.-2000. - 160 с.
4. Абузов Ф.Ф., Алиев Р.А., Новоселов В.Ф., Тугунов П.И. Техника и технология транспорта и хранения нефти и газа. - М: Недра, 2009. - 320 с.
5. Бауэр А.А., Кушнаренко В.М., Пятаев А.Е., Чирков Ю.А., Щепинов Д.Н. Надежность трубопроводов, транспортирующих сероводородсодержащие среды. - Оренбург: Университет. 2015. -593 с.
6. Белицкий В.Д. Проектирование и эксплуатация магистральных газопроводов. - ОмГТУ.- 2011. - 62 с.
7. Гумеров А.Г., Гумеров Р.С., Гумеров К.М. Безопасность длительно эксплуатируемых магистральных нефтепроводов. - М.: Недра-Бизнесцентр. 2003. -310 с.
8. Проектирование и эксплуатация магистральных нефтепроводов. Основные факторы, влияющие на особенности эксплуатации и выбор проектных параметров магистральных нефтепроводов: учеб. пособие / Ю. А. Краус; ОмГТУ. - Омск: Изд-во ОмГТУ. 2010. -Ч. 1. - 2010. - 109 с.
9. Эксплуатация магистральных нефтепроводов: Учебное пособие. 2-ое изд./ Под общей редакцией Ю. Д. Земенкова - ТюмГНГУ.- 2002. - 623 с.
10. Транспортировка и хранение нефти, газа и нефтепродуктов / У.С. Карабалин, Ф.А. Мамонов, К.М. Кабылдин и др. - Алматы: «TST-Company».- 2005. - 509 с.
11. Имансакипова Н.Б. Экспертный риск-анализ состояния участков магистрального нефтепровода и их ранжирование по степени проблемности. // Горный журнал Казахстана, Алматы.- 2019. -№ 10 (174) - стр. 37-41.
12. Imansakipova N.B., Irgibaev T. I. Samigullin G. H. // System of the oil pumping stations' equipment protection from hydraulic loads. News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of geology and technical sciences.- №3 (435) May - June 2019. pp.128-135.
13. Самигуллин Г.Х., Савельев Д.В. Имансакипова Н.Б. Оценка эксплуатационных рисков магистральных нефтепроводов. // Международная научная конференция «Наука, исследования, практика».- апрель 2019.- Санкт-Петербург. - стр.123-126.

References

1. RD 39-033-02 "Rules of technical operation of trunk oil pipelines" - Astana: KazTransOil CJSC.- 2014.

-
2. Azmetov H. A. Strength and stability of trunk oil pipelines / H. A. Azmetov, I. A. Matlashov, A. G. Gumerov. - M. : Nedra.- 2005. - 248 p.
 3. Korshak A. A. Ensuring the reliability of trunk pipelines / A. A. Korshak, G. E. Korobkov, V. A. Dushin, R. R. Nabiev. - Ufa : Designpoligrafservice.- 2000. - 160 p.
 4. Abuzov F.F., Aliyev R.A., Novoselov V.F., Tugunov P.I. Technique and technology of transportation and storage of oil and gas. - M: Nedra.- 2009. - 320 p.
 5. Bauer A.A., Kushnarenko V.M., Pyataev A.E., Chirkov Yu.A., Shchepinov D.N. Reliability of pipelines transporting hydrogen sulfide-containing media. - Orenburg: University.- 2015 -593 p
 6. Belitsky V.D. Design and operation of main gas pipelines. - OmST.-2011. - 62 p.
 7. Gumerov A.G., Gumerov R.S., Gumerov K.M. Safety of long-term operated trunk oil pipelines. - M.: Nedra-Businesscenter.- 2003. -310 p.
 8. Design and operation of oil trunk pipelines. The main factors influencing the features of operation and the choice of design parameters of trunk oil pipelines: studies. manual / Yu. A. Kraus; OmSTU. - Omsk: Publishing House of OmSTU.- 2010 - Part 1. - 2010. - 109 p.
 9. Operation of trunk oil pipelines: A textbook. 2nd ed./ Under the general editorship of Y. D. Zemenkov - TSOGU.- 2002. - 623 p.
 10. Transportation and storage of oil, gas and petroleum products / U.S. Karabalin, F.A. Mamonov, K.M. Kabylidin, etc. - Almaty: "TST-Company".- 2005. - 509 p.
 11. Imansakipova N.B. Expert risk analysis of the condition of sections of the main oil pipeline and their ranking by the degree of problem. // Mining Journal of Kazakhstan, Almaty, 2019.- No. 10 (174) - pp. 37-41.
 12. Imansakipova N.B., Irgibaev T. I. Samigullin G. H. // System of the oil pumping stations' equipment protection from hydraulic loads. News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of geology and technical sciences.-№ 3(435) May - June 2019.- pp.128-135.
 13. Samigullin G.H., Savelyev D.V. Imansakipova N.B. Assessment of operational risks of trunk oil pipelines. // International Scientific Conference "Science, Research, Practice".- april 2019.- St. Petersburg.- pp.123-126.

Information about authors

Smailova N. T. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: ganibek2006@mail.ru;

Popov A. Yu.- Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Omsk State Technical University, Omsk, Russia. e-mail: popov_a_u@list.ru

Сведения об авторах

Смайлова Н. Т.- доктор технических наук, профессор, Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана, Казахстан, , e-mail: ganibek2006@mail.ru.

Попов А. Ю.- доктор технических наук, профессор, профессор Омского государственного технического университета, Омск, Россия, e-mail: popov_a_u@list.ru.

МЕТОДОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ОТКРЫХ РАЗРАБОТКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

С.Ж. Галиев^{1*}, Е.Т. Утешов¹, Е.Е. Сарсенбаев¹, Д.А. Галиев², Н.Е.Аксаналиев³

Институт горного дела им. Д.А.Кунаева РГП «НЦ КПМС» МИИР РК, г. Алматы, Казахстан,

ТОО «Qazakstan smart technology», г. Алматы, Казахстан,

Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан,

email: seitgaligaliyev@mail.ru

Статья посвящена актуальной теме, в которой сочетаются проблемные вопросы энергоэффективности и низкоуглеродного развития горного производства с открытым способом разработки месторождений твёрдых полезных ископаемых. В ней затрагиваются методологические аспекты повышения экологичности и энергоэффективности основных производственных процессов на примере одного из горнодобывающих предприятий Казахстана. В качестве описания методов и подходов представлен алгоритм учёта энергозатрат и экологических выбросов в процессе функционирования геотехнологического комплекса с применением автомобильного транспорта извлекаемой горной массы, в зависимости технического состояния, организации и условий эксплуатации основного горного и транспортного оборудования в ходе имитационного моделирования. В виде выходной таблицы демонстрируется перечень выходной информации по экологическим выбросам, а также диаграммы энергозатрат и объёмов экологических выбросов по участкам автомобильной трассы, в зависимости от качества дорожного покрытия, численности и интенсивности пропуска транспортных средств по ним. Уделяется внимание использованию автотранспорта с электрическими и дизельными двигателями. По результатам исследования представлена оценка эффективности принятия комплекса мер, направленных на повышение энерго- и экологической эффективности геотехнологических комплексов.

Ключевые слова: открытые горные работы, геотехнологический комплекс, экологические выбросы, энергоэффективность, энергосбережение, экономика, оптимизация, автоматизация.

ПАЙДАЛЫ ҚАЗБАЛАР КЕН ОРЫНДАРЫН АШЫҚ ИГЕРУДЕ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ӘДІСНАМАСЫ

С.Ж. Галиев^{1*}, Е.Т. Өтешов¹, Е.Е. Сарсенбаев¹, Д.А. Галиев², Н.Е. Ақсаналиев³

Д.А.Құнаев атындағы Тау-кен ісі институты "ҚР ИЖТМ" ҰО "РМК, Алматы қаласы, Қазақстан,

«Qazakstan smart technology» ЖШС, Алматы қаласы, Қазақстан,

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан,

email: seitgaligaliyev@mail.ru

Мақала қатты пайдалы қазбалар кен орындарын игерудің ашық тәсілімен тау-кен өндірісін энергия тиімділігі мен төмен көміртекті дамытудың проблемалық мәселелері ұштасатын өзекті тақырыпқа арналған. Онда Қазақстанның тау-кен өндіру кәсіпорындарының бірінің мысалында негізгі өндірістік процестердің экологиялық тазалығы мен энергия тиімділігін арттырудың әдіснамалық аспектілері қозғалады. Әдістер мен тәсілдерді сипаттау ретінде имитациялық модельдеу барысында негізгі тау-кен және көлік жабдықтарының техникалық жай-күйіне, ұйымдастырылуына және пайдалану шарттарына байланысты алынатын тау-кен массасының автомобиль көлігін қолдана отырып, геотехнологиялық кешеннің жұмыс істеу процесінде энергия шығынын және экологиялық шығарындыларды есепке алу алгоритмі ұсынылған. Шығу кестесі түрінде экологиялық шығарындылар бойынша шығу ақпаратының тізбесі, сондай-ақ автомобиль

трассасының учаскелері бойынша энергия шығыны мен экологиялық шығарындылар көлемінің диаграммасы көрсетіледі.

Түйінді сөздер: ашық тау-кен жұмыстары, геотехнологиялық кешен, экологиялық шығарындылар, энергия тиімділігі, энергия үнемдеу, экономика, оңтайландыру, автоматтандыру.

METHODOLOGY FOR IMPROVING ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS AND ENERGY EFFICIENCY IN OPEN PIT MINING OF MINERAL DEPOSITS

S.J. Galiev^{1*}, E.T. Uteshov¹, E.E. Sarsenbaev¹, D.A. Galiev², N.E. Aksanaliev³

Institute of Mining Engineering named after D.A. Kunayev RGP "NC CPMC" MIIR RK, Almaty, Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan,

LLP "Qazakstan smart technology", Almaty, Kazakhstan,

K.I. Satpayev Kazakh National Technical University, Almaty, Kazakhstan,

email: seitgaligaliyev@mail.ru

The article is devoted to the actual topic, which combines problematic issues of energy efficiency and low-carbon development of mining production with the open-pit method of development of solid mineral deposits. It touches upon the methodological aspects of improving the environmental friendliness and energy efficiency of the main production processes on the example of one of the mining enterprises in Kazakhstan. As a description of methods and approaches is presented an algorithm for accounting energy consumption and environmental emissions in the functioning of geotechnological complex with the use of road transport of extracted rock mass, depending on the technical condition, organization and operating conditions of the main mining and transport equipment in the course of simulation modeling. The list of output information on ecological emissions, as well as diagrams of energy consumption and volumes of ecological emissions by sections of the highway, depending on the quality of the road surface, the number and intensity of vehicles passing along them, is demonstrated in the form of an output table. Attention is also paid to the use of vehicles with electric and diesel engines. Based on the results of the study, an assessment of the effectiveness of taking a set of measures aimed at improving the energy- and environmental efficiency of geotechnological complexes is presented.

Keywords: open-pit mining, geotechnological complex, environmental emissions, energy efficiency, energy conservation, economy, optimization, automation.

Введение. Увеличение экологической нагрузки при одновременном возрастании платежей за выбросы становится одним из основных факторов, влияющих на эффективность открытых горных работ. Опасность антропогенных загрязнений состоит в их локальных высоких концентрациях. Рост добычи, естественно, обуславливает увеличение объема транспортирования сырья, и как следствие рост загрязнения воздушного бассейна, основные энергозатраты и выбросы приходятся на карьерный транспорт. Следовательно, возникает необходимость решения экологических проблем в горнопромышленных регионах, учета этого фактора при планировании горнотранспортных работ и сравнительной оценке вариантов.

Высокая интенсивность движения автомобильного транспорта в карьерах приводит к большой запыленности воздуха, которая отрицательно влияет на работу транспорта и создает антисанитарные условия, особенно с увеличением глубины разработки

и нарушением естественного воздухообмена. Запыленность воздуха даже при применении орошения дорог водой в три-пять раз превышает санитарные нормы, а при отсутствии средств пылеподавления на отдельных карьерах составляет десятки и сотни миллиграммов на кубометр воздуха. Основными источниками пылеобразования на карьерах являются автомобильные дороги, не имеющие покрытия. Наиболее неблагоприятными по условиям пылеобразования являются рудные карьеры, где запыленность воздуха в кабинах автосамосвалов в летний период достигает 360 мг/м³.

Пыль на карьерных автодорогах образуется из продуктов разрушения и измельчения материала дороги и грунта, приносимого на колесах автомашин с забойных и отвальных дорог, а также наносимого с обочин дорог и откосов уступов. Кроме того, пыль образуется от породной и рудной мелочи, просыпавшейся на дорогу из кузовов автомашин, а также приносится ветром при производстве взрывных,

погрузочных и отвальных работ, с откосов, площадок уступов.

Методология повышения экологичности и энергоэффективности на открытых разработках месторождений полезных ископаемых включает в себя ряд шагов и подходов, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду и эффективное использование энергоресурсов. Вот некоторые из них:

- интегрированный подход к планированию: разработка месторождений должна начинаться с комплексного анализа возможностей влияния на окружающую среду;

- минимизация отходов: разработка и внедрение методов добычи и обогащения, обработки руды, которые позволят максимально эффективно извлекать ценные компоненты из материала и минимизировать образование отходов и выбросов;

- использование технологий восстановления: применение технологий снижения экологической нагрузки на природные экосистемы и снижения воздействия на ландшафт, контроль над загрязнением;

- энергоэффективность и альтернативные источники энергии: использование энергосберегающих технологий, оптимизация процессов для снижения энергозатрат и переход к альтернативным источникам энергии, позволяющих существенно сократить негативное воздействие на окружающую среду;

- социальная ответственность: взаимодействие с местными сообществами, информирование об исследованиях и планах разработки, учёт интересов местных жителей, предоставление рабочих мест и инвестирование в социальные программы;

- мониторинг и оценка: постоянное наблюдение за воздействием на окружающую среду, сбор данных и оценка эффективности принимаемых мер, внесение корректив при необходимости;

- исследования и инновации: исследования в области новых технологий и методов разработки, направленных на улучшение экологичности и эффективности, позволяют постепенно совершенствовать процессы добычи и обогащения.

Эффективная методология должна сочетать эти и другие подходы в зависимости от специфики месторождения и условий его разработки. Важно стремиться к балансу между потребностями промышленности и сохранением природной среды.

Материалы и методы. Методика расчета вредных выбросов и пылевыведения в процессе ра-

боты геотехнологического комплекса базируется на применении имитационного моделирования в рамках процессного подхода к управлению геотехнологическими комплексами и позволяет адекватно учесть практически весь аспект основных определяющих факторов горнотехнического, горно-геометрического, горно-геологического, организационного и экономического характера, а её реализация - компьютерная программа, которая позволяет с высокой точностью

определить расход топлива и выбросы вредных веществ автосамосвалами в процессе движения по любому маршруту (технологический, хозяйственный) [1-6].

Моделирующий алгоритм имитационного моделирования работы экскаваторно-транспортных комплексов предусматривает воспроизведение качественно различных экологических ситуаций, а также возможности их регулирования с учетом приоритетов и конкретного состояния геотехнологических систем. Кроме того, он обеспечивает адекватное моделирование всевозможных технологических событий, операций и процессов, связанных с интенсивным выделением вредных веществ и пыли, таких как: выемка горной породы в забое, транспортировка автотранспортом, буровые работы.

Для получения таких значений, как интенсивность пылевыведения и выбросов вредных веществ, необходимо адекватно учитывать технологические параметры горнотранспортного комплекса, как в целом, так и по каждой транспортной и выемочной единице в отдельности. Такие показатели моделирования технологического процесса, как: расход топлива, время выемки и погрузки, объемы перевозимой горной массы и т.д. являются исходными данными для определения объемов выбросов.

Расход топлива зависит от режима работы двигателей и суммарного воздействия внешних и внутренних факторов. Расход топлива повышается при работе в плохих дорожных условиях, при низкой температуре, при износе двигателя, в зимний сезон, в условиях частых остановок и разгонов. Суммарное влияние этих факторов повышает расход топлива в 1,5 раза от номинального.

Количественная характеристика выбрасываемых вредных компонентов, зависит от технических параметров и конструктивных особенностей автосамосвалов, условий внешней среды, сроков и условий эксплуатации. Выбросы вредных веществ зависят от режима работы двигателей и суммарного воз-

действия внешних и внутренних факторов. Расход топлива повышается при работе в плохих дорожных условиях, при низкой температуре, при износе двигателя, в зимний сезон, в условиях частых остановок и разгонов.

Основные факторы, влияющие на объемы выбросов в карьере, следующие:

- качество дорожного покрытия, определяемое удельным сопротивлением качению;
- состояние двигателя и трансмиссии автосамосвала, срок его эксплуатации;
- типов и моделей используемого автотранспорта;
- степень накачки и качество протекторов шин автосамосвалов;
- геометрические особенности автотранспортных коммуникаций - зависят от главных параметров карьера (расстояния откатки, средневзвешенная высота транспортирования);
- качество призабойных и разгрузочных площадок;
- полезная масса автосамосвала;
- способы применяемых природоохранных мероприятий
- климатические особенности и географическое положение карьера.

В тяговых расчетах при вычислении скорости движения и расхода топлива автосамосвалами, их техническое состояние учитывается через коэффициент полезного действия (КПД) двигателей. Показателем качества покрытия автотрасс является удельное сопротивление качению.

Расчет выбросов вредных веществ технологическим автотранспортом, работающим на дизельном топливе, основан на адекватном учете расхода топлива при воспроизведении технологического процесса работы горнотранспортной системы карьера (ГТСК) в ходе имитационного моделирования.

Алгоритм реализации предлагаемого расчета вредных выбросов и пылевыведения технологическим комплексом в процессе работы представлен на рисунке 1.

Обозначенная в блоке 1 систематизация основных факторов производится на стадии подготовки исходных данных. В процессе расчетов в рамках каждого устанавливаемого технологически стабильного периода работы горнотранспортного комплекса карьера объемы выбросов вычисляются по наиболее значимым загрязнителям.

На уровне подготовки данных исходной информацией служат: план горных работ с предполагаемым вариантом вскрытия и обработки карьера; количество и вид горного и транспортного оборудования; плановые показатели по объемам выемки горной массы и плотности пород; стоимостные показатели, экологические характеристики горно-транспортного оборудования и транспортных коммуникации и т.д. В процессе подготовки исходных данных на планах горных работ выделяются рабочие блоки по горизонтам карьера, осуществляется расстановка выемочно-погрузочного и разгрузочного оборудования, формируются схемы автодорог, с установлением длин всех их блок-участков, определяются средневзвешенные расстояния от пунктов обмена поездов до места стояния экскаваторов, формируются графы и определяется порядок движения передвижных транспортных средств (ПТС); исходя из принятого оборудования и физико-механических свойств пород рассчитывается время погрузки и разгрузки ПТС и т.д. (блок 1).

В процессе непосредственного моделирования, моделирующий алгоритм в каждом шаге имитации делает выборку очередного, автосамосвала, к которому производятся тяговые расчеты и осуществляется вычисление расхода топлива на текущий момент времени (блок 2). Для более детального определения выбросов предлагается учет режима работы двигателя транспортного средства, так как количественный состав выбрасываемых вредных компонентов в режимах различен. При этом выделяется четыре основных режима: холостой ход, ускорение, движение на постоянной скорости, замедление.

В блоке 3 коэффициентам выхода вредных компонентов, согласно текущему режиму, присваиваются значения из таблицы 2. Режим работы определяется по тяговым расчетам, по разности скоростей текущего и предыдущего шагов, рабочего состояния транспортного средства и особенностей трассы (на погрузке, разгрузке, по уклону трассы). Расчеты выбросов вредных компонентов и пылевыведения в конкретном шаге моделирования производятся по формулам (2-4) и реализованы в блоке 4. Процесс вычисления продолжается, пока не будут обработаны данные всех транспортных средств, находящихся в работе (блок 5). После этого рассчитываются значения выбросов (пылевыведение) для экскаваторов, расположенных в забоях, отвалах и на перегрузочных складах (блок 6). После каждого шага моделирования производится суммирование количества вредных веществ с последующей записью результа-

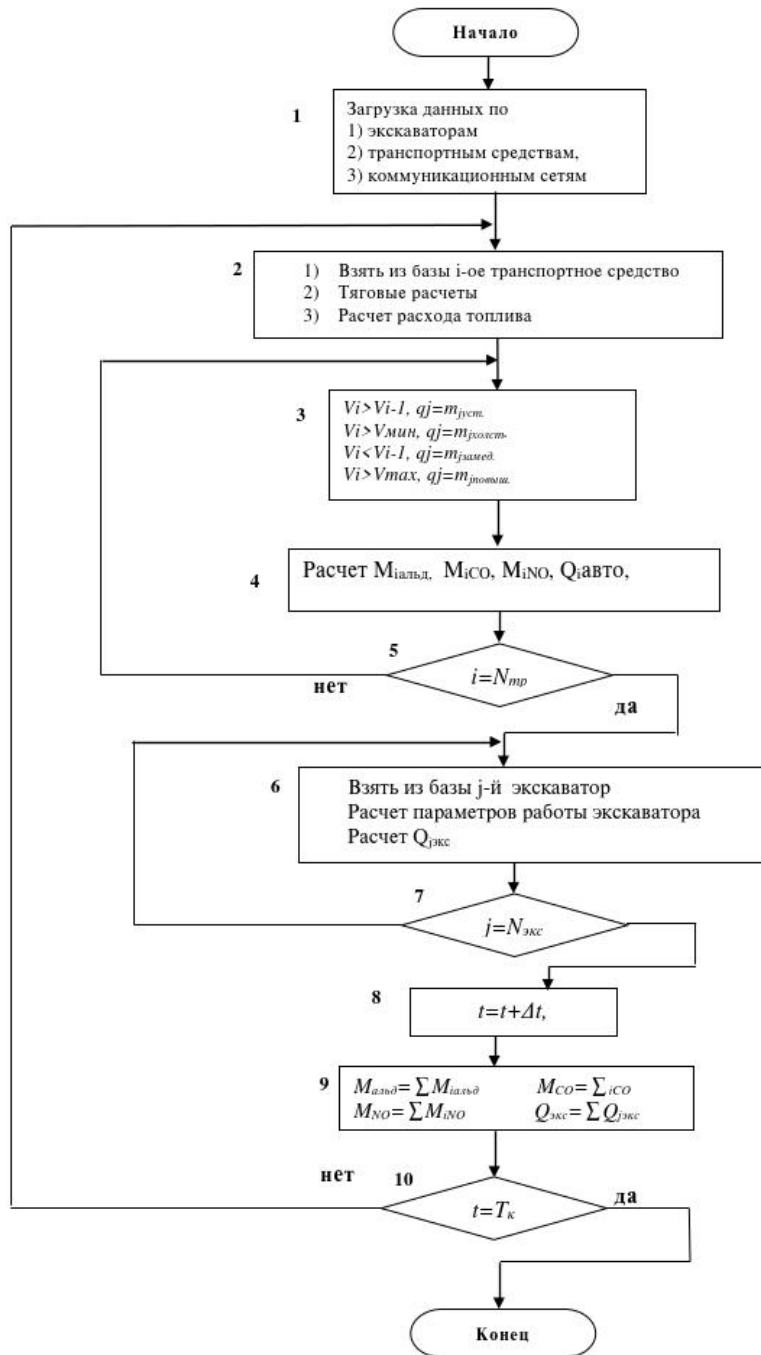


Рис. 1 - Алгоритм реализации расчета вредных выбросов и пылевыведения

тов в соответствующие базы данных. Процесс имитации продолжается до достижения времени окончания периода (блок 10).

На основе представленной методики, алгоритм которой интегрирован в программное обеспечение имитационного моделирования функционирования геотехнологического комплекса, в процессе воспроизведения формируются данные, на основе которых формируются выходные таблицы и диаграммы, представленные на рисунках 2-4 и таблице 1.

На рисунках 2-3 представлены диаграммы энергоёмкости каждого из 256 блок-участков автотрассы в целом, а также в грузовом и порожняковом направлении в отдельности по одному из карьеров Казахстана.

Полученные на модели распределения энергоёмкости и загруженности автотрассы обусловлены фактически полученными скоростями движения автосамосвалов по участкам автотрассы, имеющимися скоростными ограничениями и заданным качеством дорожного покрытия по ним.

Судя по диаграммам, в грузовом направлении энергопотребление на участках практически в два раза превышает аналогичный показатель для порожнякового направления. Принципиальное значение тут играют качество дорожного покрытия, геометрия блок-участка, а также фактор безопасности транспортного процесса. Особенностью данного фактора является то, что при минимальных затратах на поддержание дорог в качественном состоянии, данный фактор имеет в существенной мере большее влияние на снижение энергорасхода при транспортировке горной массы, а также минимизирует затраты на экологию, обеспечивая уменьшение экологических выбросов в атмосферу и порой, определяя тем самым, в существенной мере производительность геотехнологического комплекса. Полученные на модели распределения энергоёмкости и загруженности автотрассы обусловлены фактически полученными скоростями движения автосамосвалов по участкам автотрассы, имеющимися скоростными ограничениями и заданным качеством дорожного покрытия по ним.

Коэффициент занятости автомобильной трассы в рассматриваемом варианте составляет 33,77%, из которых по временным дорогам он составляет 14,24%, а по постоянным с грунтовым укатанным покрытием - 19,53%. Средняя скорость движения автосамосвалов по первым составляет 18,68 км/час, а по вторым - 25,89 км/час. При этом показатель

удельного расхода дизельного топлива распределяется соответственно 0,9 л/м и 1,56 л/м, что обусловлено, прежде всего, повышенной загруженностью участков постоянной категории дорог.

Результаты и обсуждение. В диаграмме 4 распределение выбросов показано по всем участкам трассы. Наличие информации о характере загруженности участков автодороги, а также наиболее загруженные из них, на предприятии появляется возможность производить текущую классификацию с разделением транспортных участков по группам с определённой степенью загруженности, а также более целенаправленного распределения средств из амортизационного фонда и дополнительно выделяемых на поддержание дорог в рабочем состоянии. Это в существенной мере обеспечивает повышение скорости движения автосамосвалов по ним, снижение расхода дизельного топлива и изнашивания шин, что, в конечном итоге, обуславливает и повышение производительности горнотранспортного комплекса и снижение затрат на его работу.

В существенной мере в последнее время, под влиянием мировой экологической политики, а также в связи с тем, что Казахстаном приняты на себя обязательства по достижению углеродной нейтральности и снижению экологических выбросов на 15-25% до 2030 года, становится фактор экологических выбросов. При заданной производительности и используемом горнотранспортном комплексе, геотехнологический комплекс карьера Бакырчикского месторождения производит до 2762,95 тонн в год экологических выбросов в атмосферу в результате сжигания дизельного топлива, запыление в результате погрузочно-разгрузочных работ, а также при транспортировке горной массы производится в объёме до 7524,63 тонн в год, как это следует из таблицы 1.

Информация по экологическим выбросам, как и по запылённости, выдаётся с распределением по участкам горнотранспортной системы, как это видно по данным таблицы 1 и диаграммы по выбросам на рисунке 4. Зная данную информацию, можно регулировать объёмы экологических выбросов и запылённости с помощью ряда мер, включая такие, как техническое состояние машин, КПД двигателей, качество дорожного покрытия, скоростные режимы эксплуатации, а также целенаправленным поливом дорог, преимущественно на самых запылённых участках.

К настоящему времени в стране и в мире вырабатывается политика квотирования выбросов, а также наложения штрафов за их превышение, что в суще-

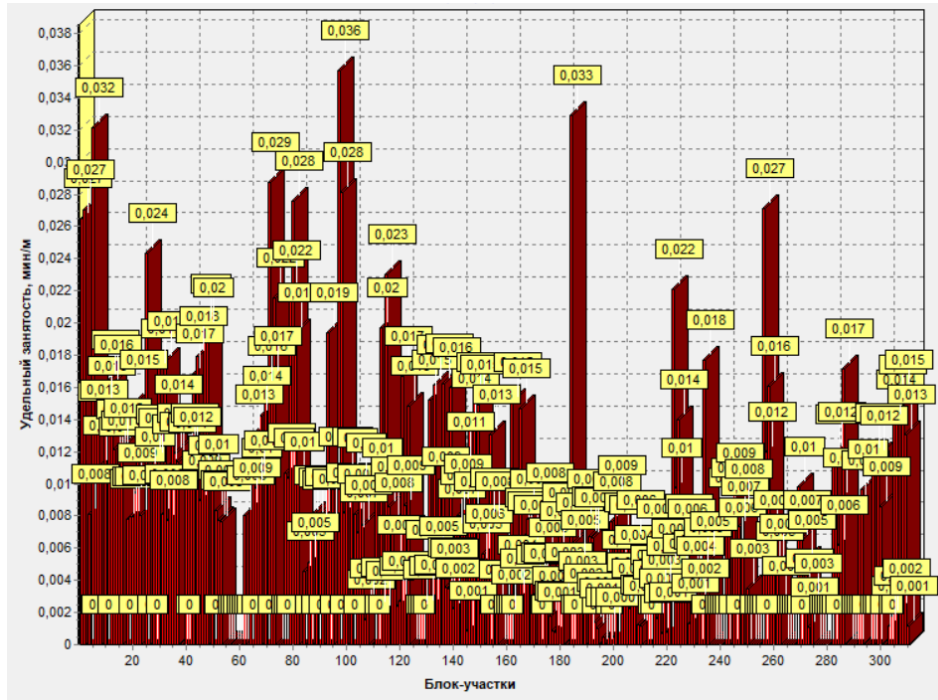


Рис. 2 - Диаграммы распределения энергозатрат по блок-участкам автодороги Бакырчикского карьера

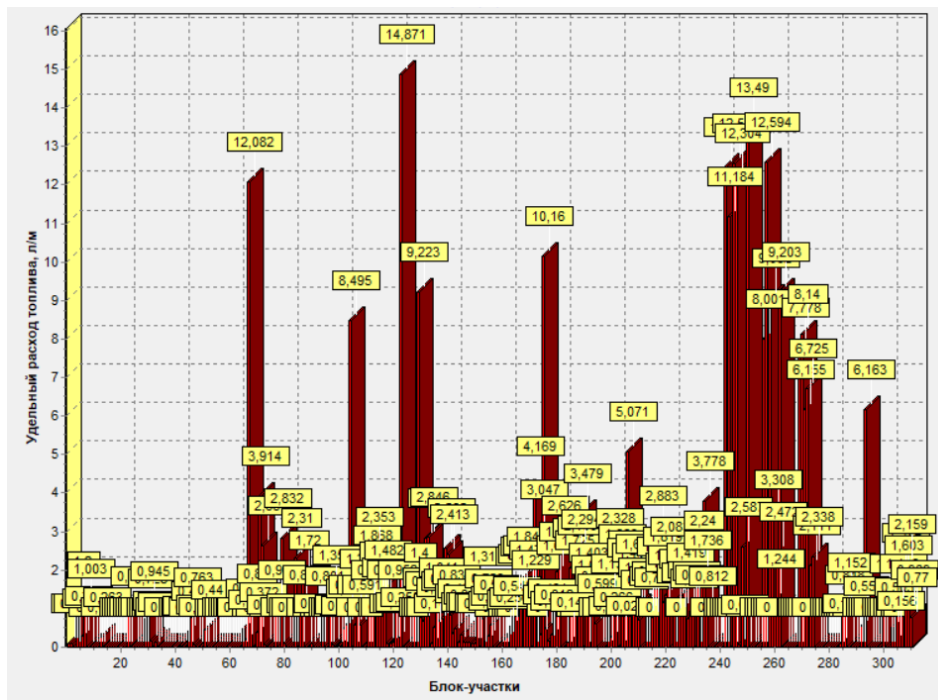


Рис. 3 - Диаграммы распределения энергозатрат по блок-участкам автодороги Бакырчикского карьера

Таблица 1 - Экологические аспекты горнотранспортного процесса

Экологические результаты

Результаты | Параметры | Выброс по участкам | Распределение | Debug

№	Параметры	За смену	За среднюю недельную смену	За период	Максимальное [г/сек]
I По автосамосвалам					
1.1	-Оксид углерода, тонн	2,924	2,193	1 578,823	67,679
1.2	-Углероды, тонн	0,877	0,658	473,647	20,304
1.3	-Диоксид азота, тонн	0,292	0,219	157,882	6,768
1.4	-Сажа, тонн	0,439	0,329	236,823	10,152
1.5	-Сернистый газ, тонн	0,585	0,439	315,765	13,536
1.6	-Свинец, тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
1.7	-Бенз(а)пирен, тонн	0,000	0,000	0,005	0,000
2 В пунктах погрузки					
2.1	-Оксид углерода, тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
2.2	-Углероды, тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
2.3	-Диоксид азота, тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
2.4	-Сажа, тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
2.5	-Сернистый газ, тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
2.6	-Свинец, тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
2.7	-Бенз(а)пирен, тонн	0,000	0,000	0,000	0,000
II Запыление					
1	По автосамосвалам, тонн	0,546	0,410	294,867	12,640
2	По пунктам погрузки, тонн	4,718	3,538	2 547,711	109,213
3	По пунктам выгрузки, тонн	8,670	6,503	4 682,057	200,705
III Сводные технико-экономические показатели					
1	Выбросы от сжигания топлива в тоннах	5,117	3,837	2 762,945	118,439
2	Запыленность, тонн	13,935	10,451	7 524,634	322,558
3	Платежи, тенге	30,631	22,973	16 540,691	
4	Затраты на полях, тыс.тг	55,825	41,868	30 145,277	
5	Суммарные экол. затраты, тг./куб.м	0,208	0,156	0,156	
6	Удельные экологические затраты, тг./куб.м	0,379	0,505	0,379	

Сменные параметры... в Excel Закрыть

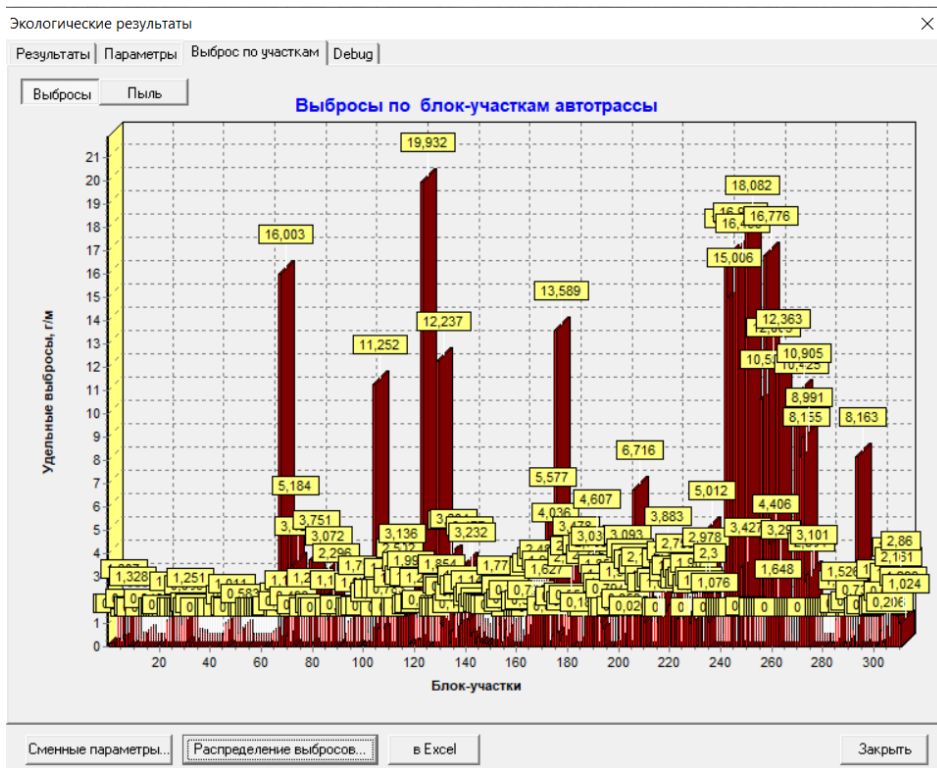


Рис. 4 - Диаграмма распределения экологических выбросов от автотранспорта по участкам автотрассы карьера

ственной мере будет сказываться на себестоимости как горнотранспортных работ, так и не цене вырабатываемой и реализуемой геотехнологическим комплексом продукт. Согласно принятых в Республике Казахстан нормативов, затраты за выбросы, при заданной производительности по горной массе, могут составить порядка 25,3 млн. тенге в год, а в совокупности с мерами противозапылённости они возрастут до 32,6 млн. тг. [7-8].

Ставка платы за эмиссии в окружающую среду в процессе моделирования функционирования геотехнологического комплекса карьера определялась исходя из принятых Решением Восточно-Казахстанского областного маслихата от 12 апреля 2018 года № 19/220- значений [8]. По дизельному топливу, в рассматриваемом варианте, она определена в регионе на уровне 0,9 МРП за тонну загрязняющих веществ от передвижных источников. В свою очередь, данное решение принималось в соответствии с пунктом 8 статьи 576, пунктом 2 статьи 577 Кодекса Республики Казахстан от 25 декабря 2017 года «О налогах и других обязательных платежах в бюджет» (Налоговый кодекс), пунктом 5 статьи 6 Закона Республики Казахстан от 23 января 2001 года «О местном государственном управлении и самоуправлении в Республике Казахстан».

Согласно Закону РК от 1 декабря 2022 года № 163-VII, с 1 января 2023 года месячный расчетный показатель (МРП) составляет 3 450 тенге (для исчисления пособий и иных социальных выплат, а также применения штрафных санкций, налогов и других платежей в соответствии с законодательством Республики Казахстан). Таким образом, в данном случае, платы за выбросы загрязняющих веществ в объёме 2762,945 тонн составляет 8578944,23 тенге. Вместе с затратами на полив автодорог от запыления, составляющими на карьере в объёма 30145,23 тыс. тенге в год, общие затраты за период, связанные с экологией и безопасностью работы персонала, составляют по предприятию 38724,17 тыс. тенге.

Выводы. Процессный подход в управлении геотехнологическими комплексами на модели показывает возможность адекватного пооперационного учёта энергорасхода и экологических выбросов, а также возможность регулировать и оптимизировать эти показатели. Аналогичный подход может быть эффективно реализован на реальных объектах горнодобывающих предприятий с открытым способом освоения месторождений полезных ископаемых.

Одним из важных и принципиальных направлений повышения экономической, а также экологической эффективности функционирования геотехнологических комплексов в условиях освоения месторождения открытого способа разработки может стать замена в списочных парках предприятий дизельных экскаваторов на электрические. В этом случае снижение экологических выбросов сопровождается существенным экономическим эффектом в связи со снижением себестоимости горнотранспортных работ из-за более низкой стоимости электрической энергии, снижения затрат на выбросы, а также меньшим влиянием технического состояния погрузочно-оборудования на их производительность и энергопотребление.

Оперативный мониторинг экологических выбросов может также обеспечить, в соответствующих климатических и местных природных условиях, а также минимизацию периодов приостановки горных работ по условиям загрязнённости воздуха в карьерном пространстве, что также позволит повысить общую производительность геотехнологического комплекса и снижение затрат на добычу основного продукта. В этих целях, можно, исходя из фактической розы ветров, зная интенсивность экологических выбросов, производить автоматизированные расчёты концентрации выбросов в карьерном пространстве, в рамках встроенных модулей в общую автоматизированную систему управления геотехнологическим комплексом.

Литература

1. Дохолян С. В., Петросянц В. З. Реализация процессного подхода к управлению на промышленных предприятиях.- Апробация.- 2014.-№ 6.- стр. 52-57.
2. Каплан А.В., Галиев С.Ж. Процессное управление горнотранспортным комплексом в карьере на основе экономических критериев.-Горный журнал.- № 6 (2239).- 2017.-М:-стр. 28-33.
3. Анпилогов А.Е., Вагин Э.Б. Оптимизация транспортного процесса на угольных разрезах с применением имитационно-статистического моделирования.- Всесоюзн. Научн.-техн. конференция по карьерному транспорту: Тез. докл. - Свердловск.- 1978.- стр. 32-33.
4. Каплан А. В. Управление социально-экономическим развитием горнодобывающего предприятия. - М.:

Экономика.-2015. - 270 с.

5. Галиев С.Ж., Саменов Г.К. Автоматизированная система корпоративного управления геотехнологическим комплексом.- Сборник докладов и каталог VII Межотраслевой конференции «Автоматизация производства - 2016».- 29 ноября 2016 г. -М.- стр. 38-41.
6. Галиев С.Ж., Галиев Д.А., Сейтаев Е.Н., Утешов Е.Н. О единой методологии управления геотехнологическим комплексом на открытых горных работах.-Горный журнал.- № 12 (2239).- 2017.-М:- стр.70-75.
7. Методика расчета нормативов выбросов от неорганизованных источников. Утверж. Министром окружающей среды и водных ресурсов Республики Казахстан от 12 июня 2014 года № 221-Ө.-2014.- 23с.
8. О ставках платы за эмиссии в окружающую среду Восточно-Казахстанской области <https://cdb.kz>.-Дата обращения - 30.06.2023.

References

1. Dokholyan S. V., Petrosyants V. Z. Realization of the process approach to management at industrial enterprises.- Approbation. 2014. - № 6.- pp. 52-57.
2. Kaplan A.V., Galiev S.J. Process management of mining transportation complex in a quarry on the basis of economic criteria.-Mining Journal.- No. 6 (2239).- 2017.-М:-2017.- pp.28-33.
3. Anpilogov A.E., Vagin E.B. Optimization of the transport process at coal mines with the use of simulation-statistical modeling.-All-Union. Scientific and Technical Conference on Quarry Transportation: Proc. of Dokl. - Sverdlovsk.- 1978.- pp. 32-33.
4. Kaplan A. V. Management of socio-economic development of mining enterprise. - Moscow: Ekonomika.- 2015. - 270 с.
5. Galiev S.J., Samenov G.K. Automated system of corporate management of geotechnological complex/ Collection of reports and catalog of VII Intersectoral Conference "Production Automation - 2016".- November 29.- 2016. -М.-pp. 38-41.
6. Galiev S.J., Galiev D.A., Seitayev E.N., Uteshov E.N. On a unified methodology of management of geotechnological complex at open-pit mining.- Mining Journal.- № 12 (2239).- 2017.-М:- pp.70-75.
7. Methodology for calculation of emission standards from non-organized sources/ Approved by the Minister of Environment and Water Resources of the Republic of Kazakhstan from June 12, 2014 № 221-Ө.-2014. Minister of Environment and Water Resources of the Republic of Kazakhstan from.- June 12.- 2014.- № 221-Ө.-2014.-23 p.
8. About rates of payment for emissions into the environment of East Kazakhstan region/ <https://adilet.zan.kz/rus/>- <https://cdb.kz> - Date of the application - 06.30.2023

Сведения об авторах

Галиев С. Ж. - доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан. Филиал Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан «Институт горного дела им. Д.А. Кунаева», Алматы, Казахстан, e-mail: seitgaligaliyev@mail.ru;

Галиев Д.А. - доктор PhD, Филиал Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан «Институт горного дела им. Д.А. Кунаева», Алматы, Казахстан, e-mail: 87773012986@mail.ru;

Утешов Е.Т. - доктор PhD, заведующий лабораторией, РГП «НЦ КПМС МИР РК» Институт горного дела им. Д. А. Кунаева, Алматы, Казахстан e-mail: yuteshov@gmail.com;

Сарсенбаев Е. Е.- инженер программист, ТОО «Qazakstan smart technology», Алматы, Казахстан, e-mail: seebox@mail.ru;

Аксаналиев Н. Е. - магистрант, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», Алматы, Казахстан, e-mail: nurekeaks@gmail.com.

Information about the authors

Galiyev S. Zh. - doctor of Technical Sciences, professor, corresponding member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Branch of RSE NC CPMC MIIR RK Institute of Mining Engineering named after D.A.Kunaev, Almaty, Kazakhstan, e-mail: seitgaligaliyev@mail.ru;

Galiyev D. A. - PhD professor, Branch of RSE NC CPMC MIIR RK Institute of Mining Engineering named after D.A.Kunaev, Almaty, Kazakhstan, e-mail: 87773012986@mail.ru;

Uteshov E.T.- PhD professor, Head of laboratory, 1 Branch Republican State Enterprise «National center for complex processing of mineral raw materials of the Republic of Kazakhstan» Mining institute after D. A. Kunayev, Almaty, Kazakhstan, e-mail: yuteshov@gmail.com;

Sarsenbayev Ye.Ye.- software engineer, «Qazakstan smart technology» LTD, Almaty, Kazakhstan, e-mail: seebox@mail.ru.

Axanaliyev N. E. - master student, Kazakh National Research Technical University after K.I.Satpaev, Almaty, Kazakhstan, e-mail: nurekeaks@gmail.com.

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫМ ПОРТФЕЛЕМ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.Т. Мазакова^{1*}, А.М. Калимолдаев², Ш.А. Джомартова¹, Н. Байшолан¹, А.А. Кульжанова¹,
Т.Ж. Мазаков^{1,2}

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

²Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК,

Алматы, Казахстан,

e-mail: aigerym97@mail.ru

Цель настоящего исследования заключается в глубоком анализе и прогнозировании инвестиционных решений с применением математических методов и моделей. Применение математического моделирования в области инвестиций представляет собой мощный аналитический инструмент, способствующий более точному пониманию динамики финансовых рынков, оценке рисков и эффективности выбранных инвестиционных стратегий.

Использование математических методов и моделей позволяет инвесторам и управляющим портфелем принимать обоснованные решения, основанные на количественных данных и детальном анализе. Одной из важных задач, которые решаются с помощью математического моделирования, является определение оптимальных параметров инвестиционных стратегий. Эти параметры включают доли активов в портфеле, частоту ребалансировки и другие факторы, которые оказывают влияние на успешность стратегии.

Моделирование также позволяет учитывать множество рисков, включая волатильность рынка, инфляцию, процентные ставки и геополитические события. Это обеспечивает более точное управление рисками и позволяет адаптировать стратегии к изменяющимся макроэкономическим условиям.

Преимущество математических моделей также заключается в их способности проводить симуляции и тестирование различных сценариев. Это позволяет оценить вероятность достижения инвестиционных целей в различных условиях рынка, а также оценить потенциальные риски и возможности. Такой подход обеспечивает более основательное принятие решений и повышает успешность инвестиционных стратегий.

В целом, использование математических методов и моделей в инвестиционной деятельности позволяет более точно анализировать, прогнозировать и управлять инвестиционными решениями, что способствует более устойчивому и успешному финансовому будущему.

Ключевые слова: активы, возвратность кредита, инвестиционный портфель.

МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ НЕГІЗІНДЕ ИНВЕСТИЦИЯЛЫҚ ПОРТФЕЛЬДІ БАСҚАРУ

А.Т. Мазакова^{1*}, А.М. Калимолдаев², Ш.А. Джомартова¹, Н. Байшолан¹, А.А. Кульжанова¹,
Т.Ж. Мазаков^{1,2}

¹ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

²Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,

e-mail: aigerym97@mail.ru

Бұл зерттеудің мақсаты - математикалық әдістер мен модельдерді қолдана отырып инвестициялық шешімдерді терең талдау және болжау. Инвестициялар саласында математикалық модельдеуді қолдану қаржы нарықтарының динамикасын дәлірек түсінуге, тәуекелдерді бағалауға және тандалған инвестициялық стратегиялардың тиімділігіне ықпал ететін қуатты аналитикалық құрал болып табылады.

Математикалық әдістер мен модельдерді қолдану инвесторлар мен портфолио менеджерлеріне сандық мәліметтер мен егжей-тегжейлі талдауға негізделген негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. Математикалық модельдеу арқылы шешілетін маңызды мәселелердің бірі инвестициялық стратегиялардың оңтайлы параметрлерін анықтау болып табылады. Бұл опцияларға портфельдегі активтердің үлесі, қайта теңгерімдеу жиілігі және стратегияның сәттілігіне әсер ететін басқа факторлар кіреді.

Модельдеу сонымен қатар нарықтың құбылмалылығы, инфляция, пайыздық мөлшерлемелер және геосаяси оқиғалар сияқты көптеген тәуекелдерді ескеруге мүмкіндік береді. Бұл тәуекелдерді дәл басқаруды қамтамасыз етеді және стратегияларды өзгертін макроэкономикалық жағдайларға бейімдеуге мүмкіндік береді.

Математикалық модельдердің артықшылығы олардың әртүрлі сценарийлерді модельдеу және тестілеу қабілетінде. Бұл нарықтың әртүрлі жағдайларында инвестициялық мақсаттарға жету ықтималдығын бағалауға, сондай-ақ ықтимал тәуекелдер мен мүмкіндіктерді бағалауға қолайлы болады. Бұл тәсіл неғұрлым мұқият шешім қабылдауды қамтамасыз етеді және инвестициялық стратегиялардың сәттілігін арттырады.

Жалпы алғанда, инвестициялық қызметте математикалық әдістер мен модельдерді қолдану инвестициялық шешімдерді дәлірек талдауға, болжауға және басқаруға мүмкіндік береді, бұл тұрақты және табысты қаржылық болашаққа ықпал етеді.

Түйінді сөздер: активтер, несиенің қайтарымы, инвестициялық портфель.

INVESTMENT PORTFOLIO MANAGEMENT BASED ON MATHEMATICAL MODELING

A.T. Mazakova^{1*}, A.M. Kalimoldayev², Sh.A. Jomartova¹, Н. Байшолан¹, А.А. Кульжанова¹, Т. Zh. Mazakov^{1,2}

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

²RSE Institute of Information and Computational Technologies MSHE RK CS,
Almaty, Kazakhstan,
e-mail: aigerym97@mail.ru

The purpose of this study is to deeply analyze and forecast investment decisions using mathematical methods and models. The application of mathematical modeling in the field of investment is a powerful analytical tool that contributes to a more accurate understanding of the dynamics of financial markets, risk assessment and the effectiveness of selected investment strategies.

The use of mathematical methods and models allows investors and portfolio managers to make informed decisions based on quantitative data and detailed analysis. One of the important tasks that are solved with the help of mathematical modeling is the determination of optimal parameters of investment strategies. These parameters include asset shares in the portfolio, rebalancing frequency, and other factors that influence the success of the strategy.

Modeling also allows for a multitude of risks, including market volatility, inflation, interest rates and geopolitical events. This provides more accurate risk management and allows strategies to be adapted to changing macroeconomic conditions.

Mathematical models also have the advantage of their ability to simulate and test different scenarios. This allows us to assess the likelihood of achieving investment objectives under different market conditions, as well as to evaluate potential risks and opportunities. This approach provides more informed decision-making and increases the success of investment strategies.

Overall, the use of mathematical methods and models in investment activities allows for more accurate analysis, forecasting and management of investment decisions, which contributes to a more sustainable and successful financial future.

Keywords: assets, loan repayment, investment portfolio.

Введение. В современных условиях динамично развивающихся финансовых рынков и неопределенности экономической среды эффективное управление инвестиционными портфелями становится ключевым фактором для достижения успешных результатов в сфере инвестиций. Одним из наиболее мощных инструментов для достижения оптимального баланса между риском и ожидаемой доходностью является математическое моделирование [1-2].

Инвестиционные решения в современном мире охватывают широкий спектр финансовых инструментов, стратегий и факторов, которые взаимодействуют в сложной системе. Однако эффективное принятие решений в такой среде требует системного подхода и анализа, который может обеспечить математическое моделирование.

Использование математических моделей при управлении инвестиционными портфелями позволяет достичь нескольких важных целей. Во-первых, оно позволяет более глубоко понять динамику финансовых рынков и влияние различных факторов на поведение активов. Во-вторых, моделирование позволяет структурировать и систематизировать имеющуюся информацию, преобразуя ее в количественные оценки и прогнозы. Это существенно облегчает процесс принятия решений [3-4].

Математические модели также обеспечивают инвесторов и управляющих портфелем возможностью оценки различных стратегий в разных сценариях. Они позволяют симулировать поведение портфеля в условиях изменяющихся рыночных условий, изменения параметров и других факторов. Такой подход помогает выявить потенциальные риски, оценить вероятность достижения инвестиционных целей и определить оптимальные стратегии.

Материалы и методы. В данном контексте, основанное на математическом моделировании управление инвестиционными портфелями выходит дале-

ко за пределы интуитивных решений и базируется на анализе данных, статистике, экономических теориях и финансовых моделях. Это обеспечивает более обоснованный и информированный подход к управлению инвестициями, что в свою очередь может способствовать достижению более стабильных и успешных результатов в долгосрочной перспективе.

Результаты и обсуждение. В работе [5] предложена математическая модель, описывающая динамику инвестиционного портфеля, состоящая из n видов рисковых активов и банковского счета с переменной доходностью.

Пусть вектор состояния инвестиционного портфеля, компоненты которого x_i равны объему инвестиций в i -й вид актива, компонента x_0 описывает состояние банковского счета. Тогда динамика рисковых активов описывается следующими дифференциальными уравнениями.

а) дифференциального уравнения, описывающего состояние банковского счета:

$$\dot{x}_0 = r(t)x_0 - \sum_{i=1}^n u_i, \quad x_0(0) = x_0^0 \quad (1)$$

где $r(t)$ -мгновенная ставка доходности банковского счета, $x_0(t)$ - мгновенный капитал в момент времени t . $u_i(t)$ - сумма перевода капитала с банковского счета в i -й вид актива.

б) n дифференциальных уравнений, описывающих процесс инвестирования в i -й вид актива

$$\dot{x}_i = \mu_i(t)x_i + u_i, \quad x_i(0) = x_i^0, i = \overline{1, n} \quad (2)$$

где $\mu_i(t)$ характеризует норму возврата для i -го вида актива.

Введем обозначение

$$x = (x_0, x_1, \dots, x_n), \quad u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$$

$$A(t) = \begin{pmatrix} r(t) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \mu_1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \mu_n \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 & -1 & \dots & -1 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Здесь x - $(n + 1)$ -вектор состояния инвестиционного портфеля, u - n -вектор управления инвестициями, T - период управления (горизонт инвестирова-

ния),

$A(t)$ - $(n + 1) \times (n + 1)$ - матрица, элементы которой являются непрерывными функциями, B - по-

стоянная $(n + 1) \times n$ - матрица.

Управление выбирается из множества U :

$$U = \left\{ u \mid u \in \mathbb{R}^n, 0 \leq u_i \leq 1, i = \overline{1, n}, \sum_{i=1}^n u_i = 1 \right\} \quad (3)$$

$$U_1 = \{ u \mid u \in \mathbb{R}^n, 0 \leq u_i \leq 1, i = \overline{1, n} \}$$

При введенных обозначениях перепишем систему уравнений (1)-(2) в следующем виде

$$\dot{x} = A(t)x + Bu \quad (4)$$

$$x(0) = x^0 \quad (5)$$

Обозначим через

$$x(T) = x^T \quad (6)$$

желаемое конечное состояние в момент времени T .

Пусть задан следующий функционал $J(u)$

$$J(u) = \frac{1}{2} \int_0^T (x^* Q x + u^* R u) dt \quad (7)$$

где $Q \geq 0 - (n + 1) \times (n + 1)$ - матрица, $R > 0$ - положительно-определенная $n \times n$ - матрица.

Пусть u_1^* - точка минимума на множестве U_1 , u_2^* - точка минимума на множестве U :

$$u_1^* \in \text{Arg} \min_{u \in U_1} J(u), \quad u_2^* \in \text{Arg} \min_{u \in U} J(u).$$

Пусть u_p - получено из u_1^* , так чтобы выполняется условие

$$\sum_{i=1}^n u_{pi} = 1 \quad (8)$$

Это может быть проекция точки u_1^* на границу Γ множества U или масштабирование, так чтобы выполнялось условие (8).

Обозначим $J_1 = J(u_1^*)$, $J_2 = J(u_2^*)$, $J_3 = J(u_p)$

Тогда справедливы следующие утверждения.

Утверждение 1. $J_1 \leq J_2$.

Доказательство основано на следующем свойстве множеств $U \in U_1$.

Утверждение 2. $u_p \in U$. Скорее всего даже $u_p \in \Gamma$.

Утверждение 3. $J_3 \geq J_1$. Более того $J_3 \geq J_2$.

Доказательство основано на следующих очевидных выкладках:

$$J_2 = \min_{u \in U} J(u) \leq \min_{u \in \Gamma} J(u) \leq J_3$$

Утверждение 4. Не факт, что справедливо $J_3 = J_2$.

Доказательство. Это зависит от свойств функционала $J(u)$.

Утверждение 5. Не очевидно, что справедливо $u_p = u_2^*$.

Доказательство. Следствие утверждений 2-4.

Ставится следующая задача: определить управление $u \in U$ и траекторию x , минимизирующие функционал (7) переводящие систему (4) из начального состояния (5) в заданное конечное состояние (6)-(7) в момент времени T .

Разработка вычислительного алгоритма

Для задачи (3)-(7) составим функцию Гамильтона.

$$H = (A(t)x + Bu)^* \psi + \frac{1}{2}(x^* Q x + u^* R u) \quad (9)$$

Управление найдем из условия максимума Гамильтона (9)

$$u = P_U (R^{-1} B \psi) \quad (10)$$

где P_U - оператор проектирования на множество U .

Пусть дана произвольная точка плоскости $u_0 \in \mathbb{R}^n$.

Определение 1. Точка u_p называется проекцией точки u_0 на множество U , если выполняется условие

$$u_p \in \text{Arg} \min_{u \in U} \sqrt{(u - u_0)^2}$$

Определение 2. Проекцией точки u_0 на множество U называется ближайшая к ней точка, принадлежащая к множеству U .

Нахождение оптимальной траектории сведено к решению следующей краевой задачи

$$\begin{aligned}
\dot{x} &= A(t)x + BP_U (R^{-1}B\psi) \\
\dot{\psi} &= -A(t)\psi - Qx \\
x(0) &= x^0 \\
x(T) &= x^T
\end{aligned} \tag{11}$$

Оптимальное управление вычисляется по форму-

$$J_k(u) = \frac{1}{2} \int_0^T (x^*Qx + u^*Ru) dt + \frac{1}{2} (x(T) - x^T)^* F_k (x(T) - x^T) \tag{12}$$

В функционалах $J_k - F_k$ — матрицы по диагонали которой стоят элементы θ_k , которые образуют положительную последовательность $\{\theta_k\}$, стремящуюся к бесконечности.

Заменяем исходную задачу следующей: для заданного k найти оптимальное управление минимизирующее функционал J_k (12) при ограничениях (3)-(5). Полученная задача является задачей оптимального управления со свободным правым концом и ограничением на управления. Для нее составим функцию Гамильтона

$$H_k = (A(t)x_k + Bu_k)^* \psi_k + \frac{1}{2} (x_k^*Qx_k + u_k^*Ru_k)$$

Предлагается следующий алгоритм решения.

Шаг 1. Пусть $k = 1, \varepsilon > 0$ — требуемая точность вычисления.

Шаг 2. Пусть $i=0$; задается начальное (нулевое) приближение для управления $u_{k0} \in U$

Шаг 3. $i = i + 1$; вычисляется i -е приближение для исходной системы

$$\dot{x}_{ki} = A(t)x_{ki} + Bu_{i-1}$$

$$x_{ki}(0) = x^0$$

В результате определяется

$$x_{ki}(t), t \in [0, T]$$

Шаг 4. Решается сопряженная система в обратном направлении

$$\dot{\psi}_{ki} = -A(t)\psi_{ki} - Qx_{ki}$$

$$\psi_{ki}(T) = F_k(x_{ki}(T) - x^T)$$

ле (10).

Как известно решение краевой задачи имеет ряд вычислительных трудностей. В этой связи сведем задачу оптимального управления с закрепленными концами к задаче со свободным правым концом.

Для этого введем систему функционалов

В результате определяется $\psi_{ki}(t), t \in [0, T]$

Шаг 5. Вычисляется очередное приближение u_{ki} для управления u_k

$$u_{ki} = P_U (R^{-1}B\psi_{ki}).$$

Вычисляется разница между $\delta = |u_{ki} - u_{k,i-1}|$. Если $\delta \leq \varepsilon$ то переход к шагу 6, иначе переход к шагу 3.

Шаг 6. Для k -й итерации найдены оптимальное управление

$$u_k^* = u_{ki}$$

и оптимальная траектория

$$x_k^* = x_{ki}$$

Шаг 7. При найденных x_k и u_k вычисляется значение функционала J_k .

Шаг 8. Если $|J_k - J_{k-1}| \leq \varepsilon$ то переход к шагу 9, иначе $k = k + 1, i=0, u_{k0} = u_{k-1}^*$ и переход к шагу 3.

При найденных x_k^* и u_k^* вычисляется значение функционала J_k .

Если $|J_k - J_{k-1}| \leq \varepsilon$ то переход к шагу 5, иначе $k = k + 1$ и переход к шагу 2. (Здесь $\varepsilon > 0$ — требуемая точность вычисления).

Шаг 9. Найденная пара (x_k^*, u_k^*) является оптимальным решением.

Численное решение задач при конкретных исходных данных.

Рассмотрим модельную задачу размерности $n=3$, которая описывается следующей системой дифференциальных уравнений

$$\dot{x}_0 = rx_0 - u_1 - u_2 - u_3$$

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= \mu_1 x_1 + u_1, \\ \dot{x}_2 &= \mu_2 x_2 + u_2, \\ \dot{x}_3 &= \mu_3 x_3 + u_3 \end{aligned}$$

Разработанная на основе MatLab программа, показывает динамику исходных переменных (x_0, x_1, x_2, x_3) .

При проектировании управлений использован алгоритм реализованный в [6].

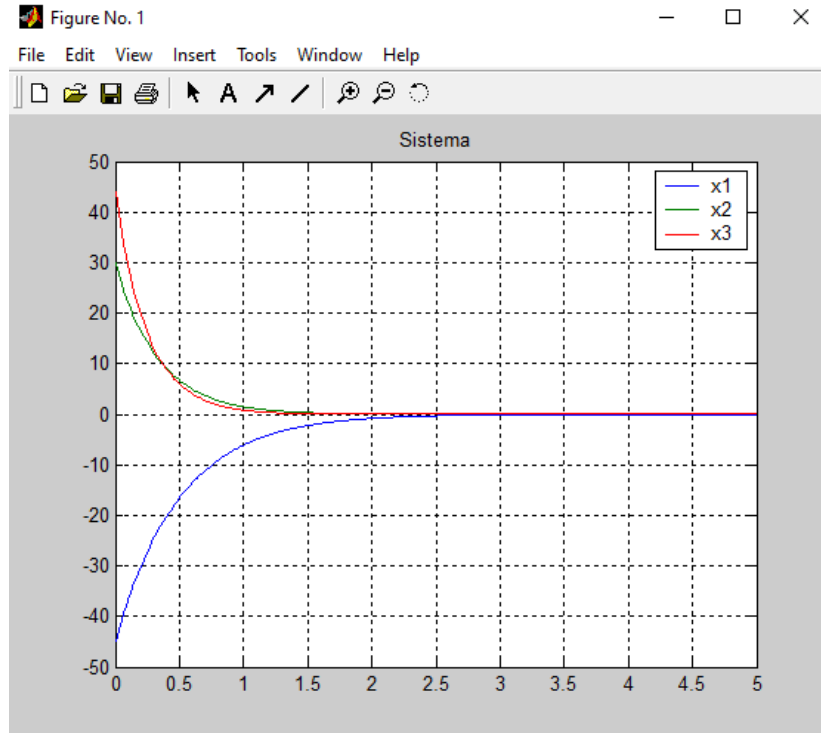


Рис. 1 - График изменения исходных переменных

Выводы. В условиях нарастающей потребности в интеграции технологических и проектных методов в банковскую практику, при полном отсутствии национальных научных разработок в данной области, был проведен первоначальный анализ теоретических аспектов и потенциала практического применения метода иерархического анализа в управлении проблемными активами казахстанских банков, которые финансируют реальный сектор экономики [7-9].

Основной теоретической ценностью данного исследования является развитие автором теоретической основы для оценки кредитоспособности заемщиков, что имеет важное значение для более точного и надежного принятия решений в банковской сфере.

Практическая значимость этой работы заключается в актуальности проблемы неплатежеспособных

кредитов в Республике Казахстан. Особенно важным фактором является высокий процент невозвратных кредитов, особенно в реальном секторе экономики. В связи с этим, становится необходимым интегрировать методы, программные средства и информационные системы управления выдачей кредитов в банковскую деятельность.

В рамках данного исследования был разработан комплекс инструментов проектного менеджмента, предназначенных для работы с проблемными активами банков второго уровня в Республике Казахстан, которые финансируют реальный сектор экономики и индивидуальных предпринимателей. Этот комплекс инструментов предоставляет ресурсы и методологии для более эффективного управления кредитными портфелями, минимизации рисков и повышения степени возвратности кредитов.

Работа выполнена за счет средств НИИ математики и механики при КазНУ имени аль-Фараби и грантового финансирования научных исследований на 2023-2025 годы по проекту AP19678157 «Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга состояния уровня заполняемости водоема».

Литература

1. Кирьянов М. Зарубежный опыт работы с проблемными банками.- Банковское дело - 2009. - № 1. - стр. 66-68.
2. Стэнли И. Портни. Управление проектами для "чайников". - М.: Диалектика.- 2005. - 349 с.
3. Бибикина Е.А., Дубова С. Е. Кредитный портфель коммерческого банка. - М.: Флинта.- 2019. - 128 с.
4. Александров Андрей Юрьевич. Управление портфелем проблемных кредитов коммерческого банка.- Автореф. диссер. канд. эконом. наук, спец.: 08.00.10 - Финансы.- денежное обращение и кредит. СПб.: 2010. - 23 с.
5. Герасимов Е. С. Многомерные динамические сетевые модели управления инвестиционным портфелем.- Автореферат дис. канд. физ-мат. наук, по специальности 05.13.18 - «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, Томск.- 2005. - 24 с.
6. Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш. А., Зиятбекова Г. З., Мазакова Э.Т., Элиаскар М.С., Мирзахмедова Г. А., Байшолан Н., Кульжанова А. А. Программа построения проекции точки плоскости на заданное множество.- А.с. № 38164 от 28 июля 2023.
7. Лисак Б.И. Современные методы организации работы с проблемными кредитами банков.- Банки Казахстана.- 2013. - Т. 1. - стр. 8-16.
8. Калдыбаев Е.К. Кредитная политика банков в Республике Казахстане.-Банки Казахстана.- 2012. - Т. 12. - стр. 24-28.
9. Джандосова З. К. Доступность кредитов для предприятий малого и среднего бизнеса. Тенденции и перспективы кредитования МБС.-Банки Казахстана.- 2012. - Т. 8. -стр. 51-55.

References

1. Kiryanov M. Foreign experience of work with troubled banks.- Banking Business. - 2009. - No.1. - pp. 66-68.
2. Stanley E. Portney. Project Management for "Dummies". - M.: Dialectics.- 2005. - 349 p.
3. Bibikova E.A., Dubova S.E. Credit portfolio of a commercial bank. - M.: Flinta.- 2019. - pp.128 p.
4. Alexandrov Andrey Yuryevich. Management of the portfolio of problem loans of a commercial bank.- Autoref. dissertation. kand. ekonom. nauk, spets.: 08.00.10 - Finance.- monetary circulation and credit. - St. Petersburg.- 2010. - 23 p.
5. Gerasimov E. S. Multidimensional dynamic network models of investment portfolio management.- Abstract of Cand. Ph. Sci. in specialty 05.13.18 - "Mathematical modeling, numerical methods and program complexes.- Tomsk.- 2005. - 24 p.
6. Mazakov T.Zh., Jomartova Sh. A., Ziyatbekova G.Z., Mazakova A.T., Aliaskar M.S., Mirzakhmedova G. A., Baisholan N., Kulzhanova A.A. A. Program for constructing the projection of a point of the plane on a given set. Copyright certificate.- No. 38164 of July 28, 2023.
7. Lisak B.I. Modern methods of organization of work with problem loans of banks.- Banks of Kazakhstan.- 2013. - Vol. 1. - pp. 8-16.
8. Kaldybaev E.K. Credit policy of banks in the Republic of Kazakhstan.- Banks of Kazakhstan.- 2012. - Vol. 12. - pp. 24-28.
9. Dzhandosova Z. K. Availability of loans for small and medium-sized enterprises. Trends and prospects of MBS lending.- Banks of Kazakhstan.- 2012. - Vol. 8. - pp. 51-55.

Сведения об авторах

Мазакова А.Т.- докторант Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: aigerym97@mail.ru;

Калимолдаев А.М. - докторант Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: kalimoldayev85@gmail.com;

Джомартова Ш.А.- доктор технических наук, доцент Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: jomartova@mail.ru;

Байшолан Н.- докторант Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: baisholan@gmail.com;

Кульжанова А.А.- докторант Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, akbota.kulzhanova1594@gmail.com;

Мазак Т.Ж.- доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ математики и механики при КазНУ имени аль-Фараби, e-mail: tmazakov@mail.ru

Information about the authors

Mazakova A.T.-doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aigerym97@mail.ru;

Kalimoldayev A.M. - doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: kalimoldayev85@gmail.com;

Jomartova Sh.A. - Al-Farabi Kazakh National University, doctor of technical sciences, ass.professor, Almaty, Kazakhstan, e-mail: jomartova@mail.ru;

Baisholan N. - - doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: baisholan@gmail.com;

Kulzhanova A.A. - - doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: akbota.kulzhanova1594@gmail.com;

Mazakov T.Zh. -Al-Farabi Kazakh National University, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, Almaty, Kazakhstan, Chief Researcher of the Research Institute of Mathematics and Mechanics at Al-Farabi KazNU, e-mail: tmazakov@mail.ru

DEVELOPMENT OF CROSS-BORDER ECONOMIC ZONES AS A FACTOR OF ENSURING FOOD SECURITY IN KAZAKHSTAN

S.A. Saginova^{1*}, A.S.Baktymbet¹, A. N. Bigaliev²,

¹ Kazhach University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,

² Kyrgyz Economic University named after Musa Ryskulbekov, Bishkek, Kyrgyzstan,

e-mail: saginova.s@gmail.com

In the context of the transition to a green economy and the need to improve the quality of life of the population, the problems of ensuring food security are increasing. The importance of the Kazakhstan boundary zones (free economic zones), aimed at the country's agricultural sector development, is growing in the age of world economic globalization and comestibles problem aggravation due to the environmental crisis.

Based on the fact that Kazakhstan has a large fertile territory, available environment suitable for the development of animal husbandry, crop production, it would be necessary to create free economic zones, to develop border areas oriented to agricultural productivity enhancement. It is a hot topic for ensuring food security of Kazakhstan and of countries which are scarce of food.

Integrated agricultural structures in the boundary regions should be a factor in the food security of the Republic of Kazakhstan, which in turn is related to the development of cross-border trade of the country. Boundary regions play an important role in the development of the Kazakhstan economy considering the overall length of the borders.

The article considers the transboundedness also as a sphere of implementing cooperative relations in the agricultural sector in the new integration format conditions. The development of various forms of cooperation and integration, including free economic zones, will promote the growth of production of certain types of crop-growing and livestock materials, as well as the way of the import substitution.

Keywords: agricultural sector, boundary zone, food safety, free economic zone, integration, green economy.

ТРАНСШЕКАРАЛЫҚ ЭКОНОМИКАЛЫҚ АЙМАҚТАРДЫ ДАМУ ҚАЗАҚСТАННЫҢ АЗЫҚ-ТҮЛІК ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ФАКТОРЫ РЕНТІНДЕ

С. А. Сагинова^{1*}, Ә. С. Бақтымбет¹, А.Н. Бигалиева²

¹ Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,

Мұса Рысқұлбеков атындағы Қырғыз экономикалық университеті, Бишкек, Қырғызстан,

e-mail: saginova.s@gmail.com

Жасыл экономикаға көшу жағдайында халықтың өмір сүру сапасын арттыру қажеттілігі, азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселелері көтерілуде. Әлемдік экономиканың жаһандану және экологиялық дағдарысқа байланысты мәселелері шиеленісуі дәуірінде еліміздің аграрлық секторын дамытуға бағытталған Қазақстанның шекаралық аймақтарының (еркін экономикалық аймақтар) маңызы артып келеді.

Қазақстанның үлкен құнарлы территориясы бар екендігін, мал шаруашылығы мен егін шаруашылығын дамытуға қолайлы табиғи жағдайлардың болуын негізге ала отырып, еркін экономикалық аймақтар құрып, шекаралас аймақтарды дамыту қажет. ауыл шаруашылығы өнімділігін арттыруға бағытталған. Бұл Қазақстанның және азық-түлік тапшылығын сезінген елдердің азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі өзекті мәселелері.

Шекаралас аймақтардағы біріктірілген ауыл шаруашылығы құрылымдары Қазақстан Республикасының азық-түлік қауіпсіздігінің факторына айналуы тиіс, бұл өз кезегінде елдің шекаралық саудасын дамыту-

мен байланысты. Шекаралардың жалпы ұзындығын ескере отырып, Қазақстан экономикасының дамуында шекаралас аймақтар маңызды рөл атқарады.

Мақалада трансшекаралық жаңа интеграциялық формат жағдайында аграрлық сектордағы кооперативтік қатынастарды жүзеге асыру саласы ретінде де қарастырылады. Кооперация мен интеграцияның әртүрлі нысандарын, соның ішінде еркін экономикалық аймақтарды дамыту өсімдік және мал шаруашылығы өнімдерінің жекелеген түрлерін өндіруді, сондай-ақ импортты алмастыру жолдарын арттыруға ықпал етеді.

Түйінді сөздер: аграрлық сектор, шекаралық аймақ, азық-түлік қауіпсіздігі, еркін экономикалық аймақ, интеграция, жасыл экономика.

РАЗВИТИЕ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАЗАХСТАНА

С.А.Сагинова^{1*}, Ә.С. Бақтымбет¹, А.Н.Бигалиева²

¹ Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан,

² Кыргызский экономический университет имени Мусы Рыскулбекова,

Бишкек, Кыргызстан,

e-mail: saginova.s@gmail.com

В условиях перехода к зеленой экономике, необходимости повышения качества жизни населения возрастают проблемы обеспечения продовольственной безопасности. Значение приграничных зон Казахстана (свободных экономических зон), направленных на развитие сельскохозяйственного сектора страны, возрастает в эпоху глобализации мировой экономики и обострения проблем, связанных с экологическим кризисом.

Исходя из того, что Казахстан имеет большую плодородную территорию, наличие природных условий, пригодных для развития животноводства, растениеводства, необходимо создание свободных экономических зон, развитие приграничных территорий, направленная на повышение производительности сельского хозяйства. Это актуальная тема для обеспечения продовольственной безопасности Казахстана и стран, испытывающих дефицит продовольствия.

Комплексные сельскохозяйственные структуры в приграничных регионах должны стать фактором продовольственной безопасности Республики Казахстан, что в свою очередь связано с развитием приграничной торговли страны. Приграничные регионы играют важную роль в развитии экономики Казахстана, учитывая общую протяженность границ.

В статье трансграничность рассматривается также как сфера реализации кооперационных отношений в аграрной сфере в условиях нового интеграционного формата. Развитие различных форм сотрудничества и интеграции, в том числе свободных экономических зон, будет способствовать росту производства отдельных видов растениеводческой и животноводческой продукции, а также пути импортозамещения.

Ключевые слова: аграрный сектор, пограничная зона, продовольственная безопасность, свободная экономическая зона, интеграция, зеленая экономика.

Introduction. The importance of development of specific economic zones and other integration organizations aimed at development of the country's agricultural sector is growing within the conditions of the world economy globalization. In the opinion of G.A. Kaliyev, a famous Kazakh scientist, world economic relations have been constantly changing the balance of geostrategic and

political forces, blurring the geopolitical boundaries of regions and creating the broad transition zones taking on greater and greater importance for the main

geopolitical centers [1].

Besides, further integration processes in the world space include development of free trade zones with such leading partners as the EU, China, as well as Egypt, India, South Korea, Iran, etc.

The development of these processes is impossible without integrated formations functioning. Today, Kazakhstan has such zones as industrial and production zones, i.e. "Seaport Aktau", "Ontustik", "National Industrial Petrochemical Technopark", "Pavlodar",

"Saryarka", "Taraz Chemical Park"; service zones such as "Burabay", "Astana - new city", "Khorgos-Eastern Gates"; and technical and educational zone, such as "Park of Innovative Technologies".

Considering the fact that Kazakhstan has a large fertile territory (it occupies the 9th place in the world), all conditions for the development of animal husbandry, huge crop areas for grain growing, it would be necessary to create free economic zones aimed at increasing the efficiency of agricultural production. Kazakhstan borders on Russia in the east, north and northwest, on Uzbekistan, Kyrgyzstan and Turkmenistan in the south, and on China in the southeast.

On the global stage where the food crisis deepens in the less developed and other countries, the development of the agricultural sector in Kazakhstan as well as in other countries would play a role in solving the food problem. According to the data of the Eurasian Economic Commission (EEC), the industry of the Eurasian Economic Union (EAEU) has overcome the recession caused by the global financial crisis, and entered the "digital" phase of its development: the growth of industrial production in the EAEU states amounted to 2.6% for the eight months of 2017; and that of the agricultural production of the EAEU countries amounted to 1.5%, while the total GDP growth of states was 1.8% [2].

Competition in the food market is intensifying. There is an increase in its participants, which means that trade conflicts are inevitable. However, there is the possibility for the border areas of Kazakhstan to constructively solve such disputes, which will favorably influence the development of the economy, including its integrated structures.

According to Kazakh scientists, Kazakhstan can use the integration potential of the EAEU in modernization and industrialization, as well as implementation of export diversification on this basis in the context of developing export-oriented import substitution through the involvement of its own resources [3].

It should be noted that the existing potential growth opportunities for individual sectors of the country are constrained due to internal problems:

- shortage of primary processing and storage capacities;
- unmaturing system of relations between agricultural producers and processing enterprises;
- lack of high-quality raw materials in sufficient quantity;
- uneven development of rural infrastructure.

- underemployment, increased internal migration of the rural population;
- delay the economic development level of the border areas.

All the above-mentioned problems call for their accelerated solution.

Materials and methods. The research included the generalizing achievements of economic science in the field of creating models for the development of border regions and various methods of system-oriented economic analysis, dynamic series, relative quantities, and schemes.

The information base was formed on the basis of materials of the Agency on Statistics, FAO and ILO reports, sociological research, publications in the periodical press, current legislative and regulatory acts of the Republic of Kazakhstan, and also summarizes in the field of formation of various integration groups in the agricultural sector, aimed at addressing the food security problem.

Result and Discussion. Currently, 7.6 million people live in rural areas of Kazakhstan. It is 43% of the total population of the state. The mass outflow of the rural population to cities and the migration of the working population from the northern regions to the southern ones continue. The Government has developed a plan for the development of conditions for the migration from densely populated territories to less densely populated ones.

The evidence from overseas experience of the state regulation of the development of rural areas shows that this development is based revenue levels (GDP per capita, unemployment rate) which are in tense contact with the economy of rural areas. The author presents the data of border rural areas, as joint business zones should be developed there first of all.

In order to ensure the food security of the Republic of Kazakhstan, integrated agricultural structures in the border regions should play a role, which in turn is related to the development of cross-border trade in the country. For Kazakhstan, the role of border regions in the development of the economy is important, considering the overall length of borders, especially with Russia. According to the Kazakh scientist, the Russian vector was chosen not by chance, considering that 12 regions participate in cross-border cooperation only from the Russian side, and 7 from Kazakhstan [4]. The border regions of Kazakhstan and Russia are developing economic activity which is evidenced by a Memorandum of Cooperation signed by the West

Kazakhstan branch of Kazakhstan National Economic Chamber "Atameken" and the Kazakhstan Chamber of Commerce and Industry of the Orenburg region. It should be noted that the Orenburg region has a section of the Russian-Kazakh border of more than 1870 kilometers [5]. Its activity with China, Mongolia and the countries of the Central Asian region is growing along with Russian cooperation.

The further development of livestock production will depend on the expansion of economic cooperation with Kyrgyzstan. For example, farmers of both countries pin their hopes on holding trade fairs, building livestock corridors of veterinary laboratories and temporary cattle holding places, which would allow increasing raw materials for dairy factories in the Zhambyl region. Given that more than 500 joint ventures operate in Kazakhstan and Kyrgyzstan, it can be assumed we have all conditions to form a free economic zone [6].

The emerging Shymkent-Tashkent-Khujand Economic corridor (STHEK) should play an important role in the development of rural areas and in ensuring the growth of food security. It should be agreed with the research of Kazakhstani scientists that the STHEK region has the potential to become a transnational economic corridor.

The food security decision is also facilitated by the intensification of the trade and economic cooperation between Kazakhstan and Uzbekistan on the basis of the development of the transport and logistics sector (the creation of a network of high-speed railways, the completion of Angren-Pap electrified railway line, the extension of the highway for the uninterrupted auto traffic between the Fergana Valley and the rest of the country, etc. [7].

Thus, taking into account international specialization and international division of labor, the active participation of border regions in the integration processes is of paramount importance for the development of cross-border cooperation.

In food security in Kazakhstan, the development of border regions has both positive and negative factors:

- positive factors: the incomes of commodity producers increase due to the processing of agricultural products; purchasing power increases, unemployment and internal migration rates are reduced; the problem of ensuring food security of the population of the countries of the transboundeness zone with better food products is being addressed;

- negative factors: The country's dependence on the supply of goods from abroad is growing, which can weaken its political independence; the growth of traditional products produced in the border areas is declining; costs associated with the training of old personnel and the emergence of new personnel in-demand for integrated structures, are increasing.

In the opinion of both Kazakh and foreign scientists, motives to develop integration processes are: to improve the quality of life of the integrating countries both on the part of producers due to the growth of incomes from the formation of new trade flows, and consumers due to the reduction of prices for individual goods, caused by the competition development; strengthening of economic positions of the countries which are members of integration associations in the world space [8].

According to Kazakh scientists, many countries have operating technoparks, clusters, business incubators, innovation centers. In the EAEU, the development of technoparks is being implemented for cooperation within the framework of the Silk Road. In the current conditions of the development of information technologies, EAEU countries have gained access to state purchase markets. The formation of EAEU digital space was a noticeable step on the way to active cooperation. The transition to an electronic form of issuance of receipts will make financial resources more available, and thus expand the trade in agricultural goods.

The study considers the transboundeness also as a sphere of implementing cooperative relations in the agrarian sector under the conditions of a new-format integration. The development of various forms of cooperation and integration, including free economic zones, will promote the growth of production of certain types of crop and livestock raw materials, as well as the solution of import substitution problem.

To develop and increase the production of domestic products, it is necessary to increase state support for agriculture, which is associated with the availability of low resource potential.

Any state takes into account national interests, including Table I shows the specific advantages of the production of certain types of agricultural products in the context of countries participating in the Eurasian Economic Union (EAEU).

Table 1 - Production volumes of food, beverages and tobacco products by EAEU member states for January-December 2022

Indicator	Production volume (current prices)	
	national currency	mln.USD
Armenia	1 060,1	2 433,3
Kazakhstan	3 966,4	8 613,7
Kyrgyzstan	62,0	736,9
Russia	10 877,5	161 243,3
Note - compiled from source [9]		

To date, Kazakhstan is ranked 60rd place among the world's exporters by the end of 2021. In the structure of the country's exports, the main share is in mineral products, i.e. 65,9% in 2021.

The dynamics of the structure of exports of agri-food

products is specified in Tables II.

The largest export structure share (about 50%) is occupied by wheat and wheat flour (Table II), according to which Kazakhstan is one of the world's largest exporters (9th place).

Table 2 - Structure of exports of agri-food products of Kazakhstan in 2010-2015, mln. USD

HS code	Name	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Share (%) 2021
1001	Wheat and muslin	694	660	972	1003	1151	1426	38
1101	Wheat flour	505	469	448	362	490	441	12
1003	Barley	109	137	293	297	176	165	4
1204	Flax seeds, whether or not broken	92	109	141	180	207	227	6
0304	Fish fillets and other fish meat	40	40	44	36	36	29	1
1205	Seeds of rapeseed	31	54	69	50	21	40	1
1512	Sunflower oil	30	55	66	81	103	117	3
2202	Waters, including mineral and carbonated	35	36	42	42	36	46	1
1806	Chocolate	27	40	40	34	33	30	1
1704	Confectionery	27	38	34	32	29	23	1
1006	Rice	16	22	26	25	29	39	1
	TOTAL	2150	2418	3102	3282	3353	3757	100

Source: Data of the Committee on Statistics of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan

To date, annual supplies of wheat to foreign markets reach 5-7 million tons, flour - 2-3 million tons.

In 2015, the export of wheat flour decreased by 11.9%, the volume of supplies of this product was \$ 494 million. The main consumers are Afghanistan (47% or 231 million dollars), Uzbekistan (39% or 191 million dollars) and Tajikistan (8.5% or \$ 42 million).

In the import structure, according to Table III,

the share of such products as sugar, chocolate, flour confectionery, meat and poultry, tea, fruit is high.

Climatic changes and unpredictable natural disasters intensify the problem of effective land use through oasis irrigation by the reconstruction and the new construction. For example, Kazakhstan has developed Strategic Measures to combat desertification in the Republic of Kazakhstan up to 2025 and allocated funds to implement tasks on watering pastures using

renewable energy sources and creating an appropriate infrastructure[10].

However, to implement the task, the irrigation of pastures on the main land used by agroformations and the land in rural settlements requires the reconstruction of 14,387 wells, which is three times more than the planned amount, and 72,993 million tenge. According to Kazakh scientists' calculations, only 1 well requires at least 13 million tenge, and not 5.5 million tenge, to be allocated by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan; for this reason, the cost for new flooding installations and flooding installations subjected to reconstruction in the amount of 14387 is 187,031 million tenge [11].

Conclusions. Kazakhstan, like other transboundary states, has not yet realized its integration potential in

full. Its effective interaction is hindered by various rates of development of the agroindustrial complex, the lack of unified approaches to the formation of prices in national markets, the unmaturing logistical and social infrastructure, the incoordination of the export policy, the lack of a unified system for informing about dangerous agro-food products and foods.

In the agrarian sector, cooperation and collaboration sprouts emerged in the form of development of joint Kazakh-Russian enterprises. In the future, it is necessary to accelerate the creation of integration agrarian structures with other states bordering on Kazakhstan, as well as far-abroad countries.

The formation of free trade zones will allow Kazakhstan to realize its regional advantages.

References

1. Kaliyev G.A., 2003, "Agrarian problems at the turn of the century".- Almaty. - 326 p.
2. Sidorsky S. - Integration in the real sector of the economy brought the EAEC to a new trajectory of economic growth.- //Conference "Problems of forecasting and state regulation of social and economic development//.- 2017.- Minsk. - pp.39-43.
3. Madiyarova D.M., Bekembetova B.B., Amirbekova A., Dzhaparova H.K.. -The economy of integration".- Astana.- 2016.- pp. 113-132.
4. Muratova Z.A. - Development of Credit Cooperatives in the World Economy.- Almaty.- 2009. - pp.21-22.
5. Dementievskaya O.- Border regions of Kazakhstan and Russia strengthen cooperation.- Kazakhstani news site, accessed in 2017, available from: <https://www.zakon.kz>.- Date of the application - 14.07.2023.
6. International information agency KazInform 2016.- "Kazakhstan and Uzbekistan. Inexhaustible opportunities for partnership".- accessed in 2017, available from: <http://www.inform.kz>.- Date of the application - 14.07.2023.
7. Bogatik A.- Border regions of Kazakhstan and Kyrgyzstan improve cooperation.- 2014. -//Translations of foreign media about Kyrgyzstan and Central Asia, accessed in 2017, available from: <http://www.inozpress.kg>.- Date of the application - 14.07.2023.
8. L.V. Shkvarnya, World economy in schemes and tables. - M.- 2005. - 296 p.
9. Production indicators of the agro-industrial complex of the EAEU member states for January-December 2022 // <https://eec.eaeunion.org> .
10. Strategic measures to combat desertification in the Republic of Kazakhstan before 2025, 2015, accessed in 2017, available from: <http://www.kz.undp.org> download. Date of the application - 20.07.2023.
11. Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, report of 2014.- Scientific and experimental rationale for the effective use of pastures and the development of livestock in Kazakhstan using renewable energy sources.- Almaty.-53 p.

Information about authors

Saginova S. A. - Ph.D., Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: saginova.s@gmail.com;

Baktymbet A. S. - Candidate of Economics, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: asem_abs@mail.ru;

Bigaliev A. N. - Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Scientific Research Kyrgyz Economic University named after Musa Ryskulbekov, Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: asmat.69@mail.ru

Сведения об авторах

Сагинова С. А. - Ph.D, ассоциированный профессор, Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан, e-mail: saginova.s@gmail.com;

Бақтымбет Ә. С. - кандидат экономических наук, доцент, Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан, e-mail: asem_abs@mail.ru;

Бигалиева А. Н. - кандидат экономических наук, доцент, Научно-исследовательский Кыргызско-экономический университет им. Мусы Рыскулбекова, Бишкек, Кыргызстан, e-mail: asmat.69@mail.ru

METHODICAL APPROACHES TO ENHANCING BUSINESS PROCESSES THROUGH INNOVATION IMPLEMENTATION AT THE ENTERPRISE

G. A. Shmarlovskaya^{1*}, A. Serikkyzy A.

¹Belarusian State Economic University, Minsk, Belarus,

²Almaty Management University, Kazakhstan,
galina.shmarlovskaya@gmail.com,

This article describes the importance of developing high technology and a competitive economy in Kazakhstan, as well as the significance of improving business processes and mechanisms to achieve this goal. The success of enterprises depends on the right strategy, competent leadership, the availability of resources and markets, and efficient business processes.

The authors discuss the role of innovation in increasing turnover and production growth of enterprises in the modern world. They emphasize the need to quickly adapt production programs to changing customer demands and short product life cycles.

Special attention is given to the complexity of assessing the beneficial effect of innovations, and two evaluation criteria are presented: the minimum cost criterion and the integrated quality indicator of innovations. It also mentions the use of expert or statistical methods when it is impossible to establish a quantitative relationship between quality indicators and costs.

In addition, the article describes the establishment of a relationship between costs and comprehensive indicators of technical level and economic efficiency using correlation and regression modeling. A methodology is proposed, including traditional normative approaches and the "cost-effectiveness" method.

Keywords: foreign economic relations, competitiveness, national economy, innovations, efficiency, quality, technology.

КӘСІПОРЫНДА ИННОВАЦИЯЛАРДЫ ЕНГІЗУ НЕГІЗІНДЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕСТЕРДІ ЖЕТІЛДІРУДІҢ ӘДІСТЕМЕЛІК ТӘСІЛДЕРІ

Г.А. Шмарловская^{1*}, А. Серікқызы А.

¹Беларусь мемлекеттік экономикалық университеті, Минск, Беларусь,

²Almaty Management University, Қазақстан,
galina.shmarlovskaya@gmail

Андатпа. Бұл мақалада Қазақстанда жоғары технологиялар мен бәсекеге қабілетті экономика саласын дамытудың маңыздылығы және осы мақсатқа жету үшін бизнес-процестер мен тетіктерді жетілдірудің маңыздылығы сипатталған. Кәсіпорындардың табыстылығы дұрыс стратегияға, Құзыретті басшылыққа, ресурстар мен өткізу нарықтарының қолжетімділігіне, сондай-ақ тиімді бизнес-процестерге байланысты.

Авторлар инновацияның айналымды ұлғайтудағы және қазіргі әлемдегі кәсіпорындар өндірісінің өсуіндегі рөлін талқылайды. Олар кәсіпорындардың өндірістік бағдарламаларын тұтынушылардың өзгеретін сұраныстарына және өнімнің қысқа өмірлік циклдеріне тез бейімдеу қажеттілігін көрсетеді.

Инновациялардың пайдалы әсерін бағалаудың күрделілігіне ерекше назар аударылады және бағалаудың екі критерийі ұсынылады: келтірілген шығындардың ең төменгі критерийі және инновациялар сапасының интегралды көрсеткіші. Сапа көрсеткіштері мен шығындар арасында сандық тәуелділікті анықтау мүмкін болмаған кезде сараптамалық немесе статистикалық әдістерді қолдану туралы да айтылады.

Сонымен қатар, мақалада корреляциялық және регрессиялық модельдеуді қолдана отырып, шығындар мен техникалық деңгей мен экономикалық тиімділіктің жалпылама көрсеткіштері арасындағы тәуелділік-

ті анықтау сипатталған. Дәстүрлі нормативтік тәсілдер мен "шығындар - тиімділік" әдісін қамтитын әдіс ұсынылады.

Түйінді сөздер: сыртқы экономикалық байланыстар, бәсекеге қабілеттілік, ұлттық экономика, инновация, тиімділік, сапа, технология.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Г.А. Шмарловская^{1*}, А. Серікқызы²

¹Белорусский Государственный Экономический Университет, г. Минск, Беларусь,

²Almaty Management University, Казахстан,
galina.shmarlovskaya@gmail.com

В данной статье описана важность развития в Казахстане сферы высоких технологий и конкурентоспособной экономики и значимость совершенствования бизнес-процессов и механизмов для достижения этой цели. Успешность предприятий зависит от правильной стратегии, компетентного руководства, доступности ресурсов и рынков сбыта, а также от эффективных бизнес-процессов.

Авторы обсуждают роль инноваций в увеличении оборота и росте производства предприятий в современном мире. Они указывает на необходимость быстро адаптировать производственные программы предприятий к изменяющимся запросам клиентов и коротким жизненным циклам продукции.

Особое внимание уделено сложности оценки полезного эффекта инноваций и представлено два критерия оценки: критерий минимума приведенных затрат и интегральный показатель качества инноваций. Также упоминается использование экспертных или статистических методов при невозможности установления количественной зависимости между показателями качества и затратами.

Вдобавок в статье описывается установление зависимости между затратами и обобщающими показателями технического уровня и экономической эффективности, используя корреляционное и регрессионное моделирование. Предлагается методика, включающая традиционные нормативные подходы и метод "затраты - эффективность".

Ключевые слова: внешнеэкономические связи, конкурентоспособность, национальная экономика, инновации, эффективность, качество, технологии.

Introduction. In the current global economic landscape, Kazakhstan stands at a critical juncture where foreign economic relations wield substantial influence over macroeconomic and social advantages, affecting competitiveness, sustainable growth, and national independence.

Kazakhstan envisions a transformative journey towards a high-tech industry and a competitive economy. This transition necessitates the enhancement of enterprise processes, a fundamental catalyst for economic development.

Enterprise success depends on strategy, leadership, resources, market positioning, and efficient processes. Innovation is pivotal, given the dynamic global competition, changing customer demands, evolving quality standards, and shorter product cycles.

Materials and methods. The development of

foreign economic relations at the present stage reflects the most tangible macroeconomic and social advantages that contribute to enhancing the competitiveness of the national economy, ensuring sustainable economic growth, the development, and further state regulation of macroeconomic processes, and strengthening Kazakhstan's national independence [1].

The Republic of Kazakhstan has entered a qualitatively new stage of its development, based on the creation of a high-tech industry and the principles of building a competitive economy. To address these tasks, it is necessary to improve the development of enterprise business processes and the mechanisms for their enhancement to promote the country's economic development.

The long-term success of any enterprise depends primarily on the right strategy, competent leadership, the availability of valuable resources, markets for their

products, and well-structured business processes.

Results and discussion. Increasing turnover and the growth of production of various enterprises in the modern world critically depend on innovations. The prerequisites for the development of these companies in the market are new and improved products and services. Changes in customer demands, evolving quality requirements for products and services, short product life cycles, and increasing rates of product renewal led to the need for rapid adjustments in the production programs of enterprises.

The beneficial effect of innovations in the implementation of business processes, both in production and operation, cannot always be evaluated using cost assessments. Therefore, two criteria are applied: the criterion of minimizing costs incurred and an integral (comprehensive) indicator of the quality of innovations [1]. If it is impossible to establish a quantitative functional relationship between specific quality indicators and incurred costs, expert or statistical methods are used to determine the average weighted composite indicator of innovation. It is calculated as either the weighted arithmetic means or the weighted geometric mean.

The next step can be establishing a relationship between the value of incurred costs and the comprehensive indicators of the technical level of a product or process. Correlation and regression modeling are tools for such an approach.

The proposed methodology utilizes both traditional normative approaches and the "cost-effectiveness" method. With changes in the economic situation during the transition to a market economy, enterprises have had to reorient their criteria for technical and technological levels and the economic efficiency of innovations. In the short term, the implementation of innovations worsens economic indicators, increases production costs, and requires additional capital investment in research and development.

In the design, development, and implementation of innovative technology and technology within the framework of traditional approaches to economic entities, the procedure for determining the economic efficiency of these activities consists of four stages [2].

The first stage is to determine the necessary expenses for implementing innovative measures; the second is to identify potential sources of funding; the third is to assess the economic impact of implementing new technology and techniques; and the fourth is to evaluate the comparative effectiveness of the innovation by

comparing economic indicators.

Economic efficiency is characterized by the ratio of the economic effect obtained during the year to the costs of implementing the project. When comparing different options for new technology and techniques, overall and specific capital investments, production unit costs, and so on are compared. However, in the case of innovations, lower costs can be accompanied not only by inadequate technical and quality indicators of the innovation but also by higher specific capital investments. Simple comparison of techno-economic indicators does not allow us to identify the best option. In this case, it is necessary to determine a common indicator of comparative effectiveness of the options based on comparing the savings in incurred costs.

It is important to mention the selection of the baseline technology and technique. The choice of a baseline is necessary for comparing and standardizing the options. Thus, when assessing the level of production technology and choosing a technological solution, it is necessary to classify types of technology into the following categories: obsolete, basic, modernized and improved, and fundamentally new [3].

When choosing the baseline option and technology, the entire range of existing solutions is examined. Then, the general population is divided into groups that are homogeneous in terms of quality, followed by selection within each group. Sometimes it is necessary to aggregate small technological solutions to create larger groups to obtain a unified baseline model.

The choice of a baseline for comparing the initial indicators of innovative technology and techniques is crucial in determining economic efficiency, as the comparative economic efficiency of a new technical and technological solution is determined by comparing the values of indicators between the implemented and baseline options. In this regard, the following points should be considered:

- The choice of a baseline depends on the stage of the life cycle of the new technology and techniques.
- The selection of the baseline and the new solution should be carried out at different stages of the life cycle.
- It is necessary to assess the efficiency indicators of the new design (prototype) compared to the baseline during the R&D stage.
- An analysis of the effectiveness of new solutions should be conducted both during the implementation phase and during production and operation.

All the above principles are important in the systemic analysis of innovations, i.e., in evaluating the economic efficiency of innovations with indicators brought into a comparable form.

The comparability is established based on criteria such as the volume of production, the structure of the product range, product quality, incurred costs, manufacturing lead times, social and environmental impact. In addition, it is necessary to standardize the variants of new solutions in terms of the composition of production resources, i.e., identify additional equipment, additional labor, additional production areas, etc., required for the implementation of innovations. Based on this, additional capital investments should be planned for the implementation of new technical or technological solutions.

In addition to adjusting and correcting the values of total capital investments and product costs, it is important to consider that various expenditure items change differently depending on changes in production and sales volumes. This is most pronounced in the dynamics of changes in fixed and variable costs.

Let's consider the indicators calculated when implementing innovations in the form of state-of-the-art technology and techniques. Expenses for the implementation of innovative technology encompass capital investments, working capital, and labor. The economic effect is calculated using the following formula [4]:

$$E_t = R_t - TC_t$$

where: E_t - economic effect of implementing innovative technology and techniques for the calculation period t , in tenge.

R_t - cost assessment of the results obtained for the calculation period t , in tenge.

TC_t - cost assessment of expenses for the development, implementation, and adoption of innovative technology and techniques for the calculation period t , in tenge.

The alignment of expenses incurred at different times over the entire period of innovation implementation is carried out as follows:

$$R_t = \sum_{t=1}^T P_t \cdot \alpha_t$$

$$E_{IT} = (TC_B - TC_N)N_N = [(TC_B + E_N K_B) - (TC_N + E_N K_N)] \cdot NN,$$

where:

- P_t is the cost assessment of innovation results for the calculation period t .

- P_t is the cost assessment in year t .

- α_t is the cost discounting factor.

Costs and capital investments for subsequent years for each option should be adjusted for the time factor, i.e., the cost discounting factor - α_t .

$$\alpha_t = (1 + E)^t$$

where:

- α_t (alpha t) is the cost discounting factor.

- E is the accepted norm for discounting costs incurred at different times.

- t is the time that determines the year of costs and results from the year to which they are discounted (from the baseline moment in time).

The discounting norm E is calculated differently depending on the methodology, industry, type of business activity of the enterprise, and ownership form. In traditional approaches, E typically ranges from 0.08 to 0.10, while in project-based approaches, E is calculated as the discount rate, equal to the investor's acceptable rate of return on capital.

It is also possible to calculate the present value of capital investments in innovations. Usually, the present value of production costs and the use of innovative technology is determined as the sum of the production cost and the normative profit. [5]:

$$TC_t = CV_t + E_n K$$

where:

- TC_T is the cost of production per unit for period "t," in tenge.

- CV_T is the cost of production in period "t," in tenge.

- E_n is the normative efficiency coefficient.

- K is the capital investment per unit of production, in tenge.

- $E_n K$ is the normative profit in tenge.

The annual economic effect of implementing innovative technology and techniques is determined by the formula:

where:

- E_{IT} is the annual economic effect.
- TC_B and TC_N are the total costs before and after implementing the innovative technology.
- $E_N K_B$ and $E_N K_N$ are the normative profits before and after implementing the innovative technology.
- NN is the number of production units.

where:

- E_{IT} is the economic effect of innovative technology, in tenge.
- TC_B is the present value of costs for producing one unit of product using the base technology and technique, in tenge.
- TC_N is the present value of costs for producing product using the new technology or technique, in tenge.
- N_N is the annual production volume using the new technology and technique, in units.
- TC_B is the cost of production for the base variant, in tenge.
- TC_N is the cost of production based on the new technology and technique, in tenge.
- K_B is the capital investment per unit of production for the base variant, in tenge.
- K_N is the capital investment per unit of production based on the new technology and technique, in tenge.

- E_N is the normative efficiency coefficient.

The provided formula serves as the foundation for calculating the economic effect of new technology in all sectors of the economy.

When calculating the annual economic impact of implementing innovative technology as part of capital investments, costs at all stages are considered - creation, development, implementation, and utilization of the new technology; namely [6]:

- Expenses for scientific research, design, experimental, and pilot installations (K_R).
- Costs for the acquisition, delivery, installation (dismantling) of equipment, technical preparation, setup, and production adoption (K_E).
- Working capital replenishment costs related to the creation and utilization of new technology (K_T).
- Expenses (profit) from production and sales of products during the production adoption period preceding the calculated year (K_D).

Then, the total capital investments are calculated using the formula:

$$K_{Total} = K_R + K_E + K_T + K_D$$

The calculation of the economic effect from the production and use of new long-term labor assets during their service life is carried out using the formula:

$$\Theta_{HT} = \left[3_{\text{баз}} \cdot \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{\alpha_1 + E_H}{\alpha_2 + E_H} + \frac{(I_1 - I_2) - E_H(K_{n2} - K_{n1})}{\alpha_2 - E_H} - 3_{\text{нов}} \right] N_2,$$

Where:

- Θ_{HT} - is the economic effect of the production and use of innovative equipment in tenge.
- $3_{\text{баз}}$ and $3_{\text{нов}}$ are the unit costs for the base and new labor assets, respectively, in tenge.
- N_1 and N_2 are the annual volumes of production based on the base and new labor assets, respectively, in units.
- α_1 and α_2 are the proportions of contributions to the renovation of base and new labor assets.
- $\alpha_2 + E_H$ and $\alpha_2 + E_n$ are coefficients for accounting for the service life of the base and new labor assets, including moral depreciation.

- I_1 and I_2 are the annual operational costs when using the base and new labor assets in tenge.

- K_{n1} and K_{n2} are additional capital investments by the consumer when using the base and new labor assets in tenge.

If we are talking about the economic effect of implementing new or improved work items (raw materials, materials, fuel), the formula takes the following form:

If we are discussing the economic impact of introducing new or improved work items (raw materials, materials, fuel), then the formula takes the following form:

$$\mathfrak{E}_{\text{HTII}} = \left[\mathfrak{Z}_{\text{OAB}} \cdot \frac{P_1}{P_2} + \left\{ \frac{I_1}{P_1} - \frac{I_2}{P_2} \right\} - E_H \left\{ \frac{K_{n2}}{P_2} - \frac{K_{n1}}{P_1} - \mathfrak{Z}_{\text{HOB}} \right\} \right] N_2$$

where $\mathfrak{E}_{\text{HTII}}$ is the economic effect of the implementation and use of a new work item in tenge.

- $\mathfrak{Z}_{\text{OAB}}$ and $\mathfrak{Z}_{\text{HOB}}$ are the unit costs for the base and new labor assets, respectively, in tenge.

- I_1 and I_2 are the annual operational costs when using the base and new labor assets in tenge.

P_1 and P_2 are the specific consumption rates of the base and new work items per unit of work done in units.

N_2 is the annual production volume.

In addition to calculating the economic impact of introducing new labor assets and new work items, it is widely practiced calculating the labor results of innovations in the form of increased labor productivity, reduced material intensity, reduced energy consumption, workforce liberation, and so on. For example, the projected reduction in the workforce because of the introduction of new technology is calculated using the formula:

$$P_t = \frac{I_t N_t}{q_1} - \frac{I_t N_t}{q_t}$$

where: - P_t is the release of workers in people.

- I_t is the price of one unit of the product in the t-th year in tenge.

- q_1 is the production output per worker before the introduction of innovative technology, and q_t is the production output per worker in the t-th year.

- N_1 is the volume of production in the t-th year in natural units.

In addition to important indicators of the economic efficiency of innovation production and operation, the results of sales volume and the commercial activities of the enterprise in the implementation of innovations are highly significant. For example, the calculation of the projected profit increase from the introduction and sale of new products is calculated using the formula:

$$\Pi = (I_t - C_t) \cdot N_t - (I_1 - C_1) \cdot N_1,$$

where:

- Π is the increase in profit from the production and sale of new products in tenge.

- I_t is the wholesale price of the product without taxes in the t-th year in tenge.

- I_1 is the wholesale price of the replaced product in the base year in tenge.

- C_t is the cost of the new product in the t-th year in tenge.

- C_1 is the cost of the replaced product in the base year in units.

- N_t is the annual production volume of the new product in the t-th year in units.

The analysis of existing and newly proposed methods for forming criteria for evaluating innovative projects shows that there is often a mixing of concepts between project evaluation criteria and indicators of a project's alignment with its innovative purpose.

In connection with this, there is a need for systematizing and distinguishing between groups of concepts and indicators related to a project's alignment with its innovative purpose, as well as criteria for the economic evaluation of a specific innovation (Table 1). As seen from the table, innovations are divided into four alignment groups, each of which has its own corresponding indicators [8].

The assessment and selection of innovations can be based on various methodologies and oriented towards different criteria, the choice of which depends on the specificity of innovation activities, the industry type, and several other factors. The specificity of innovation activities implies the use of both economic evaluation and multifactorial methods, as well as considering various criteria, each of which can be decisive in the decision-making process regarding the implementation of an innovation project. Additionally, it is essential to consider the business processes and the strategy of the innovation project.

Table 1 - Groups and indicators of innovation compliance with the innovative business process

Compliance Groups	Indicators
1	2
I. Economic development of the region, its environmental features, scientific and technological directions of the innovation structure.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compatibility of the project with the economic direction of development of the region. 2. Interaction with the national science and technology policy. 3. Impact on the ecology of the region. 4. Compliance with the innovation policy of the industry and its long-term and short-term goals. 5. Evaluation of the phase of the product innovation cycle. 6. The number of jobs.
II. For commercial purposes.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Meeting the needs of the market. 2. Assessment of the total market capacity and market share. 3. Evaluation of the production period. 4. The price of the product. 5. Start-up capital, its value. 6. Probable sales volume. 7. Interaction with competitors. 8. Providing channels of promotion to the market. 9. The probability of commercial success.
III. Scientific and technical level.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Novelty. 2. The ratio with the world level. 3. Patent purity. 4. Availability of scientific and technical resources. 5. The probability of technical implementation.
IV. Production capabilities.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Progressiveness of the production process. 2. The possibility of providing production facilities. 3. The possibility of providing production facilities. 4. The possibility of production development. 5. Availability of production personnel with appropriate specialization and qualifications.
	Note - Compiled by the authors

Assessing innovations is a very challenging task, and it is even more difficult to determine whether the implementation of an innovation will be effective. Laboratories, firms, and corporations individually address this key question. The reward for making the right decision here is achieving commercial success.

The evaluation of a company's investment opportunities is based on an analysis of the company's life cycle and a diagnosis of its financial condition. The time from the inception of the company to its liquidation is referred to as the company's life cycle.

In market theory, there are six stages of a company's life cycle: birth, infancy, youth, early maturity, full maturity, and aging [9].

Determining the stage of the life cycle is carried out through the conduct of a dynamic analysis of the company's activities. For these purposes, the following indicators have been analyzed over the past few years: the dynamics of production volume, the dynamics of the total asset value, the dynamics of equity capital (share capital), and the dynamics of profit amounts.

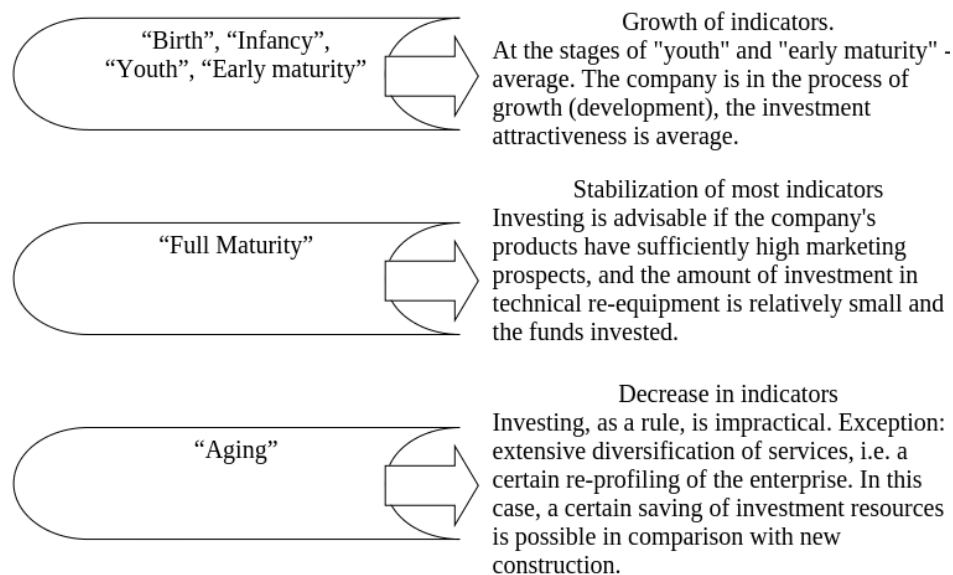


Fig. 1 - Investment opportunities by stages of the life cycle.

The stage of a company's life cycle is determined by the rate of change in indicators (Figure 1).

Conclusion. Assessing the business processes of a company is an integral evaluation of its capabilities as an object for future investment from the perspective of development prospects, product sales volumes, asset utilization efficiency, liquidity, solvency, and financial stability. Several factors have been identified that influence the economic efficiency of business processes: the company's investment policy, investment programs and strategy, the presence of competitive products, production diversification, enterprise management, rational asset utilization, and the completion degree of investment projects.

The methodology for evaluating the improvement of a company's business processes is based on methods and techniques of investment opportunities and financial analysis. It is necessary to use a set of financial indicators that quantitatively and accurately assess the attractiveness of the company. Various financial ratios can be used to evaluate the attractiveness of business processes and further investment. These indicators can be used to identify the dynamics and trends of the indicators, as well as to compare them with planned and benchmark indicators. Typically, their composition is determined based on the goals and depth of financial analysis.

References

1. Powell T. C. Total Quality Management as Competitive Advantage: A Review and Empirical Study / T. C. Powell // *Strategic Management Journal*. – 1995. – Vol. 16(1). – pp. 15–37.
2. Perar ZH. Upravlenie mezhdunarodnymi denezhnymi potokami. –M.: Finansy i statistika, 2008. -208 s .
3. Idrisov A.B. Strategicheskoe planirovanie i analiz effektivnosti investicij / Idrisov A.B., Kartyshev S.B., Postnikov A.V. – M.: Filin", 2007. – 272s.
4. Nadirov N.K. Tekhnika i tekhnologiya dobychi i transportirovaniya. / *Neftebituminoznye porody* - 2007. - 206 s.
5. Kenzheguzin M.B, Hazhedan M.I. Tarifnoe regulirovanie gazotransportnoj sistemy. – 2003.- 144 s.
6. Shalbolova U., Narmanova R.A., Elpanova M.A. Metodicheskie osobennosti tarifooobrazovaniya pri transportirovke nefti po magistral'nym nefteprovodam. // *Aktual'nye problemy ekonomiki*. -- № 12. –2012.
7. Shalbolova U. Specifics of oil pipeline systems' risks management // *Life Sci J* 2014; 11(11).- pp.591-594

8. Satova R.K., SHalbolova U.ZH. O transportirovke gaza po territorii Kazahstana: ekspertnye sistemy. // SHetvertaya mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Transport Evrazii 21 veka». –Almaty: KazATK im. M.Tynyshpaeva, 2006, 18 oktyabrya.

9. Mamyrova M.K. Effektivnost' investicij v promyshlennom proizvodstve. –Almaty: Ekonomika, 2001. - 83 s.

Information about authors

Aisara Serikkyzy – PhD, Almaty Management University, a.serikkyzy@almau.edu.kz

Shmarlovskaya Galina Aleksandrovna – Doctor of Economics, Professor, Belarusian State Economic University, galina.shmarlovskaya@gmail.com

Сведения об авторах

Серікқызы Айсара – доктор PhD, Almaty Management University, a.serikkyzy@almau.edu.kz

Шмарловская Галина Александровна - доктор экономических наук, профессор, Белорусский Государственный Экономический Университет, galina.shmarlovskaya@gmail.com

Редактор: Оспанова М.К.

Верстка: Ундасынов Р. Е.

Подписано в печать 30.09.2023 г.

Издание АО «КазУТБ» 010000, Астана, Казахстан, ул. Кайыма Мухамедханова, 37 А,

Рабочий телефон +(7172)72-58-12(134)

Email: vestnik@kaztbu.kz