

КАЗ
УТБ

ISSN 2708-4132

ISSN (Online) 2363-1830

ВЕСТНИК
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 1(18) — 2023

ҚазТБҮ Хабаршысы

Вестник КазУТБ

Vestnik KazUTB



Астана — 2023

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

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

ҚазТБУ ХАБАРШЫСЫ

VESTNIK KazUTB

ВЕСТНИК КазУТБ

№ 1 (18) – 2023

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 «ҚазТБҮ» 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. Ақпарат Комитеті.

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, Экономика, бизнес және қызмет көрсету.

Редакцияның мекенжайы: 010000, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Қайым Мұқаметханов 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. Тултабаев

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)
Нурахметов Б.К.	д.т.н., профессор (Казахстан)
Шеров Т.К.	д.т.н., профессор (Казахстан)
Mercade P.R.	философия докторы (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)
Айбулдинов 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, Экономика, бизнес и услуги.

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

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)
Dadayev 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, Economy, business and services.

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

СОДЕРЖАНИЕ/МАЗМҰНЫ/CONTENTS

Информационно-коммуникационные и химические технологии

Мазакова А.Т., Джомартова Ш.А., Мазаков Т.Ж., Зиятбекова Г.З., Досаналиева А.Т. <i>АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЛИНЕАРИЗАЦИИ НЕЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ, ОПИСЫВАЕМОЙ ОБЫКНОВЕННЫМИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ</i>	7-23
Түлегүлов А.Д., К.М. Акишев К.М., Нурмагамбетов М.Ш., Демесинова С.С., Палымбетов Р.Ш. <i>ЖЕР БЕТІНІҢ ҒАРЫШТЫҚ СУРЕТТЕРІН ӨНДЕУ КЕЗІНДЕ ОПТИКАЛЫҚ-ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖҮЙЕНІ ҚОЛДАНУ ӘДІСТЕМЕСІ</i>	24-33
Мазакова А.Т., Джомартова Ш.А., Мазаков Т.Ж., Мухаев Д.К., Мергенгали Е.К. <i>ПОИСК СЕМАНТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ОБЪЕКТАМИ</i>	34-42
Омаров Х.Б., Нұртай Ж.Т., Ордабаев К.А., Абсаг З.Б., Жунусова Э.Б., Жумабекова А.К. <i>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ ЖЕЛЕЗА ИЗ НЕФТИ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ РЕАГЕНТАМИ</i>	43-49

Производственные и обрабатывающие отрасли

Bekturganova A.A., Tultabaev M.Ch., Omaraliyeva A. M., Khastayeva A. Zh., Safuani Zh.Ye. <i>JUSTIFICATION OF INTRODUCING MALTODEXTRIN INTO CURD DESSERT</i>	50-56
Усмонжонова Х.У., Додаев К.О., Атхамова С.К., Ибрагимов Ш.И., Тултабаев М.Ч. <i>КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МИКРО- И МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЭКСТРАТЕ ЛИСТЬЕВ АМАРАНТА</i>	57-64
Хастаева А.Ж., Бектурганова А.А., Омаралиева А.М., Сериков А.Ж., Суяндық Р.К. <i>ЗЫҒЫР ДӘНІНЕН АЛЫНҒАН ҰН МЕН ҚҰРҒАҚ САРЫСУ ҰНТАҒЫНЫҢ АСТЫҚ ДАҚЫЛДАРЫНАН АЛЫНҒАН СУСЫННЫҢ САПА КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ</i>	65-73

Экономика, бизнес и услуг

Бельгибаева К.К., Касымова С.Б. <i>МОДЕЛЬ ИММИТАЦИИ СТАТИСТИКИ ПРЕДПРИЯТИЙ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ</i>	74-83
Vaktymbet A.S., Utilov M.N., Shmarlovskaya G.A. <i>THE COVID-19 PANDEMIC AS A STRESS TEST OF THE MANAGEMENT SYSTEM IN MODERN REALITIES</i>	84-92
Yessilov A.B. <i>GAMBLING BUSINESS AS PART OF KAZAKHSTAN'S TOURISM POTENCIAL</i>	93-100

Информационно-коммуникационные и химические технологии

МРНТИ 78.15.00; 78.01.21

<https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.18-69>**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЛИНЕАРИЗАЦИИ НЕЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ, ОПИСЫВАЕМОЙ ОБЫКНОВЕННЫМИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ****А.Т. Мазакова², Ш.А. Джомартова², Т.Ж. Мазаков^{1,2}, Г.З. Зиятбекова^{1,2},****А.Т. Досаналиева³**¹Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, Алматы, Казахстан,²Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан,³Университет «Туран», г. Алматы, Казахстан,

jomartova@mail.ru

В статье исследована возможность автоматизированной линеаризации нелинейных моделей. На основе линеаризованных моделей можно исследовать в дальнейшем такие свойства исходной модели как устойчивость и управляемость. На основе применения компьютерной алгебры разработан конструктивный алгоритм линеаризации системы нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Разработано программное обеспечение на MatLab. Эффективность предложенного алгоритма продемонстрирована на прикладных задачах.

Ключевые слова: обыкновенное дифференциальное уравнение, компьютерная алгебра, устойчивость, управляемость, MatLab.

ҚАРАПАЙЫМ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕРМЕН СИПАТТАЛАТЫН СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС МОДЕЛЬДІҢ СЫЗЫҚТЫҚ ПРОЦЕСІН АВТОМАТТАНДЫРУ**А.Т. Мазакова², Ш.А. Джомартова², Т.Ж. Мазаков^{1,2}, Г.З. Зиятбекова^{1,2},****А.Т. Досаналиева³**¹Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,²әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,³«Тұран» университеті, Алматы, Қазақстан,

jomartova@mail.ru

Мақалада сызықтық емес модельдерді автоматтандырылған сызықтық ету мүмкіндігі зерттелген. Сызықтық модельдер негізінде болашақта тұрақтылық пен басқару сияқты бастапқы модельдің қасиеттерін зерттеуге болады. Компьютерлік алгебраны қолдану негізінде сызықтық емес қарапайым дифференциалдық теңдеулер жүйесін сызықтандырудың конструктивті алгоритмі жасалды. MATLAB-та бағдарламалық жасақтама жасалды. Ұсынған алгоритмнің тиімділігі қолданбалы есептерде көрсетілген.

Түйін сөздер: қарапайым дифференциалдық теңдеу, компьютерлік алгебра, тұрақтылық, басқару, MatLab.

AUTOMATION OF THE LINEARIZATION PROCESS OF A NONLINEAR MODEL DESCRIBED BY ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS

**A.T. Mazakova², Sh.A. Jomartova², T.Zh. Mazakov^{1,2}, G.Z. Ziyatbekova^{1,2},
A.T. Dossanaliyeva³**

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

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

³Turan University, Almaty, Kazakhstan,

jomartova@mail.ru

The paper investigates the possibility of automated linearization of nonlinear models. On the basis of linearized models it is possible to investigate further such properties of the initial model as stability and controllability. Based on the application of computer algebra, a constructive algorithm for linearizing a system of nonlinear ordinary differential equations is developed. The software in MatLab has been developed. The effectiveness of the proposed algorithm is demonstrated on applied problems.

Keywords: ordinary differential equation, computer algebra, stability, controllability, MatLab.

Введение. Исследование многих робототехнических, экономических систем приводит к построению математических моделей, описываемых нелинейными обыкновенными дифференциальными уравнениями. Для нелинейных систем до настоящего времени не существует универсальных подходов. Изучение подобных математических моделей требует обязательного учета вида нелинейностей [1-4].

Материалы и методы. Постановка задачи. В общем виде нелинейная модель может быть представлена как система обыкновенных дифференциальных уравнений [5-6]:

$$\frac{dq}{dt} = f(q, \theta, t) + B(t)u \quad (1)$$

где θ – вектор параметров размерности 1, $q(t)$ – вектор переменных модели размерности n , $u(t)$ – входы модели, задающие способы управления, время $t \in [0, T]$. T – задано. Предполагается, что вектор-функция $f(q, \theta, t)$ определена и непрерывна вместе со своими частными производными по q .

К системе уравнений (1) добавляются начальные условия:

$$q(0) = q_0 \quad (2)$$

На управление даются ограничения

$$u(t) \in U = \{u(t): u_i(t) \in C[[0, T]; \\ -L_i \leq u_i(t) \leq L_i, i = (1, m), t \in [0, T]\} \quad (3)$$

При исследовании следующих свойств математической модели (1)-(3) как управляемость, устойчивость часто применяется метод линеаризации [7-11].

Нелинейной модели (1) соответствует линеаризованная система дифференциальных уравнений:

$$\dot{q} = A(\theta, t)q + B(t)u \quad (4)$$

$$q(0) = q_0 \quad (5)$$

где $A(\theta, t) - n * n$ – матрица элементы которой зависят от вектора параметров и времени $t \in [0, T]$.

Матрица $A(\theta, t)$ определяется из (1) следующим образом:

$$A(\theta, t) = \frac{\partial f(q^s, \theta, t)}{\partial q} \quad (6)$$

В (6) вектор-функция $q^s(t)$ (размерности n) $t \in [0, T]$, предполагается заданной исходя из требований к поставленной задаче.

Для задачи управляемости $q^s(t)$ может быть задана следующим образом:

$$q^s(t) = const = q_T, t \in [0, T] \quad (7)$$

где в качестве q_T задается желаемое конечное состояние системы (1).

Задача управляемости: существует ли управление $u(t)$, удовлетворяющее условию (3) и переводящее систему (4) из начального состояния (5) в желаемое конечное состояние (7) за заданное время T .

Определение [12]. Система (1) называется локально нуль-управляемой на отрезке $t \in [0, T]$, если существует δ окрестность точки q_T , такая что для любого вектора $q_0 \in R^n$: $\|q_0 - q_T\| < \delta$ найдется такое допустимое управление $u_0(t) \in U$, что существует решение (1) удовлетворяющее условиям

$$q(0) = q_0 \text{ и } q(T) = q_T$$

Для задачи устойчивости $q^s(t)$ может быть задана в виде (7), где в качестве q_T задается положение равновесия исходной системы (1), исследуемое на свойство ее устойчивости.

Рассмотрим следующую нелинейную систему

$$\frac{d_q}{d_t} = f(q), \quad (8)$$

где функция

$$f(q_T) \equiv 0, A = \frac{\partial f(q_T)}{\partial q}$$

Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Если все собственные значения матрицы A имеют отрицательные вещественные части, то положение равновесия q_T системы (8) http://w.ict.nsc.ru/books/textbooks/akhmerov/ode_unicode/m-44/m-44.html – eq1 экспоненциально устойчиво [13].

Построение вручную матрицы $A(\theta, t)$ вызывает большие трудности уже при размерности n больше 3. А в случае зависимости вектор-функции $f(q, \theta, t)$ от параметров θ при размерности n больше 3 практически невозможно.

Как было отмечено во введении процесс построения линеаризованной модели (4) для исходной нелинейной системы вида (1) достаточно трудоемкий и при размерности n больше 3 практически не реализуем. Также при построении линеаризованной модели присутствует «человеческий фактор», не гарантирующий правильность вычисления арифметических выражений. В этой связи задача автоматизации процесса линеаризации исходной нелинейной модели является актуальной.

Для построения линеаризованной модели (5) предлагается использование систем компьютерной алгебры. В предлагаемой работе использована система MatLab [14-16].

Появление в 20-м веке нового направления математической науки – компьютерной алгебры – позволило автоматизировать процесс получения уравнений математической модели динамических систем на основе систем аналитических вычислений (САВ) [17].

САВ сначала предоставляли основной набор процедур обработки алгебраических выражений: вычисление, подстановка, упрощение, дифференцирование. Затем на их основе были реализованы более сложные операции: разложение в ряды, канонизация

выражений, интегрирование в частных случаях. С разнообразными пакетами они применяются во многих областях – от решения задач небесной механики до теоретических исследований алгоритмов [18].

Дальнейшие исследования проведем на двух примерах.

Результаты и обсуждение. Исследования беспилотного летательного аппарата (БПЛА)

Во всем мире развивается беспилотная авиация из-за потребности в легких, относительно дешевых летательных аппаратах, обладающих высокими характеристиками манёвренности и способных выполнять широкий круг задач. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) успешно применяются в ходе военных операций по всему миру, и при этом они так же успешно выполняют задачи гражданского назначения.

Рассмотрим следующую математическую модель динамики БПЛА

$$\begin{cases} \dot{V} = g(n_{xa} - \sin\theta) \\ \dot{\theta} = g(n_{ya} \cos\gamma - \cos\theta)/V \\ \dot{\Psi} = -gn_{ya} \sin\gamma / (V \cos\theta) \\ \dot{x} = V \cos\theta \cos\Psi \\ \dot{y} = V \sin\theta \\ \dot{z} = -V \cos\theta \sin\Psi \end{cases} \quad (9)$$

$$n_{xa} = \frac{P \cos\alpha - X_a}{mg}, n_{ya} = \frac{P \sin\alpha + Y_a}{mg} \quad (10)$$

Здесь x, y, z – координаты центра масс самолета в нормальной земной системе координат, V – скорость полета, θ – угол наклона траектории, Ψ – угол курса, α – угол атаки, γ – угол крена, P – тяга двигателя, X_a – аэродинамическое сопротивление, Y_a – аэродинамическая подъемная сила, m – масса самолета, g – ускорение свободного падения, n_{xa} – продольная перегрузка и n_{ya} – поперечная перегрузка (в поточных осях координат).

В качестве управляющих переменных в (9) принимается перегрузки n_{xa} , n_{ya} и угол крена γ (10) [19].

Введем обозначения:

$$q = \begin{bmatrix} V \\ \theta \\ \Psi \\ x \\ y \\ z \end{bmatrix}, q_0 = \begin{bmatrix} V_0 \\ \theta_0 \\ \Psi_0 \\ x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix}, q_1 = \begin{bmatrix} V_1 \\ \theta_1 \\ \Psi_1 \\ x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix}.$$

При введенных обозначения система уравнений (9)-(10) можно представить в виде (12):

$$\frac{dq}{dt} = f(q,t) + B(t)u \quad (12)$$

С помощью программы, написанной на MatLab и представленной ниже, получим следующие результаты линеаризации системы (9).

```
syms x1 x2 x3 x4 x5 x6 x A B
x0 = [2 5 4 4 5 6];
x = [x1 x2 x3 x4 x5 x6];
t = [0 10]; y0 = x0;
g = 9.8; P = 2000; m = 3; alfa = 30; gamma = 45; Xa = 0.32; Ya = 0.4;
nxa = (P*cos(alfa) - Xa)/(m*g); nya = (P*sin(alfa) + Ya)/(m*g);
F = [g*(nxa-sin(x2)); g*(nya*cos(gamma)-cos(x2))/x1; -g*nya*sin(gamma)/(x1*cos(x2))];
```

```
x1*cos(x2)*cos(x3); x1*sin(x2); -x1*cos(x2)*sin(x3)];
for i=1:length(x0)
    for j=1:length(x0)
        A(i,j)=diff(F(i),x(j));
    end
end
B=subs(A,x,x0);
disp(vpa(A,3));
disp(vpa(B,3));
```

Представим результат выполнения программы в следующем виде:

$$A(x) = \frac{\partial f(x,t)}{\partial x} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{16} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{26} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{61} & a_{62} & \dots & a_{66} \end{pmatrix} \quad (13)$$

Выпишем только ненулевые элементы матрицы A(x):

$$\begin{aligned} a_{12} &= -9.80 * \cos(x2), & a_{21} &= -1.*(-346.-9.80 * \cos(x2))/x1^2, \\ a_{22} &= 9.80*\sin(x2)/x1 & a_{31} &= -560./x1^2/\cos(x2), \\ a_{41} &= \cos(x2)*\cos(x3), & a_{32} &= 60./x1/\cos(x2)^2*\sin(x2), \\ a_{42} &= x1*\sin(x2)*\cos(x3) & a_{43} &= -x1*\cos(x2) * \sin(x3), \\ a_{51} &= \sin(x2), & a_{52} &= x1 * \cos(x2), & a_{61} &= -\cos(x2) * \sin(x3), \\ a_{62} &= x1 * \sin(x2) * \sin(x3), & a_{63} &= -x1 * \cos(x2) * \cos(x3). \end{aligned}$$

Вычислим значение матрицы A(x) в точке $x_0 = [2 \ 5 \ 4 \ 4 \ 5 \ 6]$:

$$A(x_0) = \begin{pmatrix} 0 & -2.78 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 87.2 & -4.70 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -493. & -3330. & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.186 & -1.25 & 0.430 & 0 & 0 & 0 \\ -0.959 & 0.568 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.215 & 1.45 & 0.372 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (14)$$

В результате выполнения программы получен (13) аналитический вид матрицы A и ее значение в точке $x_0 = [2 \ 5 \ 4 \ 4 \ 5 \ 6]$.

В дальнейшем матрица A , представленная в виде (14), может быть использована для анализа устойчивости или управляемости модели БПЛА в заданной точке.

Исследования двухзвенного робота

Рассматривается математическая модель плоского двухзвенного шарнирного манипулятора, представленного на рисунке 1 [20].

При составлении уравнений движения учитывались следующие параметры системы: l_1 и l_2 – длины звеньев, l_{c_1} и l_{c_2} – координаты центров инерции, m_1 и m_2 – массы звеньев, m – масса схвата с грузом, J_{c_1} и J_{c_2} – моменты инерции звеньев относительно осей, проходящих через центры масс звеньев, J_1 и J_2 – моменты инерции роторов двигателей, приведенные к осям шарниров (считается, что первый двигатель установлен на основании, а полная масса второго

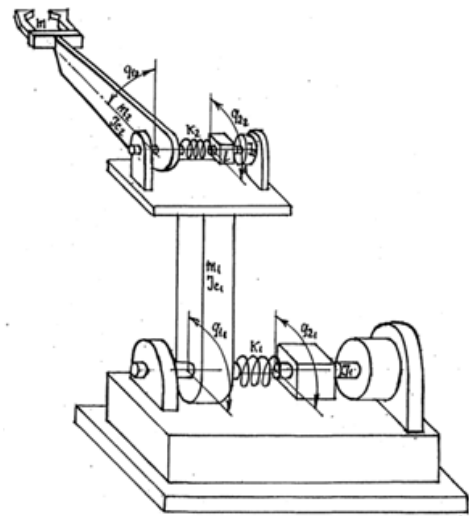


Рис. 1 – Вид двухзвенного шарнирного манипулятора “PUMA 550 / 560”

двигателя, установленного на первом звене, учтена в соответствующих параметрах первого звена), i – передаточное отношение второго двигателя [21].

Уравнения движения описываются следующей моделью

$$\begin{cases} D(q_1)\ddot{q}_1 + B(q_1)\ddot{q}_2 + C_1(q_1, \dot{q}_1, \dot{q}_2)\dot{q}_1 + C_2(q_1, \dot{q}_1)\dot{q}_2 + K(q_1 - q_2) + g(q_1) = 0 \\ J\ddot{q}_2 + B^T(q_1)\dot{q}_1 + C_3(q_1, \dot{q}_1)\dot{q}_1 + K(q_2 - q_1) = u \end{cases} \quad (15)$$

Где

$q_1 = \begin{bmatrix} q_{11} \\ q_{12} \end{bmatrix}, q_2 = \begin{bmatrix} q_{21} \\ q_{22} \end{bmatrix}$ – вектора углов поворота звеньев и роторов, соответственно

$$D(q_1) = \begin{bmatrix} a_1 + 2a_2 \cos(q_{12}) & a_3 + a_2 \cos(q_{12}) \\ a_3 + a_2 \cos(q_{12}) & a_3 \end{bmatrix};$$

$$B(q_1) = \begin{bmatrix} 0 & \frac{J_2}{i} \\ 0 & 0 \end{bmatrix};$$

$$\begin{bmatrix} C_1(q_1, \dot{q}_1, \dot{q}_2) & C_2(q_1, \dot{q}_1) \\ C_3(q_1, \dot{q}_1) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -a_2 \dot{q}_{12} (2\dot{q}_{11} + \dot{q}_{12}) \sin(q_{12}) \\ a_2 \dot{q}_{11} \sin(q_{12}) \end{bmatrix}; \quad (16)$$

$$g(q_1) = \begin{bmatrix} (ml_2 + m_2 l_{c_2})g \cos(q_{11} + q_{12}) + (m_1 l_{c_1} + m_2 l_1 + ml_1)g \cos(q_{11}) \\ (ml_2 + m_2 l_{c_2})g \cos(q_{11} + q_{12}) \end{bmatrix};$$

$$J = \begin{bmatrix} J_1 & 0 \\ 0 & J_2 \end{bmatrix};$$

$$K = \begin{bmatrix} k_1 & 0 \\ 0 & k_2 \end{bmatrix};$$

$$a_1 = m(l_1^2 + l_2^2) + m_1 l_{c_1}^2 + m_2(l_1^2 + l_{c_2}^2) + J_{c_1} + J_{c_2} + \frac{J_2}{i^2};$$

$$a_2 = l_1(ml_2 + m_2 l_{c_2});$$

$$a_3 = ml_2^2 + m_2 l_{c_2} + J_{c_2}$$

Введем обозначения:

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} q_{11} \\ q_{12} \\ \dot{q}_{11} \\ \dot{q}_{12} \\ q_{21} \\ q_{22} \\ \dot{q}_{21} \\ \dot{q}_{22} \end{pmatrix}, \quad (17)$$

$$\begin{aligned} & [a_1 + 2a_2 \cos(x_2)] * \dot{x}_3 + [a_3 + a_2 \cos(x_2)] * \dot{x}_4 + \frac{J_2}{i} \dot{x}_8 - a_2 x_4 (2x_3 + x_4) \\ & * \sin(x_2) + k_1 x_1 + (ml_2 + m_2 l_{c_2}) * g * \cos(x_1 + x_2) \\ & + (m_1 l_{c_1} + m_2 l_1 + ml_1) * g * \cos(x_1) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & [a_3 + a_2 \cos(x_2)] * \dot{x}_3 + a_3 \dot{x}_4 - a_2 x_4 * (2x_3 + x_4) * \sin(x_2) - k_2 x_6 \\ & + (ml_2 + m_2 l_{c_2}) * g * \cos(x_1 + x_2) = 0 \end{aligned}$$

$$J_1 \dot{x}_7 + a_2 x_3 * \sin(x_2) + k_1 x_5 = u, \quad (18)$$

$$J_2 \dot{x}_8 + \frac{J_2}{i} \dot{x}_4 + a_2 x_3 * \sin(x_2) - k_2 x_2 = u$$

$$\dot{x}_1 = x_3$$

$$\dot{x}_2 = x_4$$

$$\dot{x}_5 = x_7$$

$$\dot{x}_6 = x_8$$

Если ввести 8*8-матрицу функций $C(x)$ и 8-вектор-функцию $B(x,u)$ со следующими элементами

$$\begin{aligned}
 &c_{11} = 1; \quad c_{12} = 0; \quad c_{13} = 0; \quad c_{14} = 0; \quad c_{15} = 0; \quad c_{16} = 0; \quad c_{17} = 0; \\
 &c_{18} = 0; \quad c_{21} = 0; \quad c_{22} = 1; \quad c_{23} = 0; \quad c_{24} = 0; \quad c_{25} = 0; \quad c_{26} = 0; \\
 &c_{27} = 0 \quad c_{28} = 0; \quad c_{31} = 0; \quad c_{32} = 0; \quad c_{33} = [a_1 + 2a_2 \cos(x_2)]; \\
 &c_{34} = [a_3 + a_2 \cos(x_2)]; \quad c_{35} = 0; \quad c_{36} = 0; \quad c_{37} = 0; \quad c_{38} = J_2/i; \\
 &c_{41} = 0; \quad c_{42} = 0; \quad c_{43} = [a_3 + a_2 \cos(x_2)]; \quad c_{44} = a_3; \quad c_{45} = 0; \\
 &c_{46} = 0; \quad c_{47} = 0; \quad c_{48} = 0; \quad c_{51} = 0; \quad c_{52} = 0; \quad c_{53} = 0; \quad c_{54} = 0; \\
 &c_{55} = 1; \quad c_{56} = 0; \quad c_{57} = 0; \quad c_{58} = 0; \quad c_{61} = 0; \quad c_{62} = 0; \quad c_{63} = 0; \\
 &c_{64} = 0; \quad c_{65} = 0; \quad c_{66} = 1; \quad c_{67} = 0; \quad c_{68} = 0; \quad c_{71} = 0; \quad c_{72} = 0; \\
 &c_{73} = 0; \quad c_{74} = 0; \quad c_{75} = 0; \quad c_{76} = 0; \quad c_{77} = J_1; \quad c_{78} = 0; \quad c_{81} = 0; \\
 &c_{82} = 0; \quad c_{83} = 0; \quad c_{84} = J_2/i; \quad c_{85} = 0; \quad c_{86} = 0; \quad c_{87} = 0; \\
 &c_{88} = J_2; \quad b_1 = x_3; \quad b_2 = x_4; \\
 &b_3 = a_2 x_4 (2x_3 + x_4) * \sin(x_2) - k_1 x_1 - (m l_2 + m_2 l_{c_2}) * g * \cos(x_1 + x_2) \\
 &\quad - (m_1 l_{c_1} + m_2 l_1 + m l_1) * g * \cos(x_1); \\
 &b_4 = a_2 x_4 * (2x_3 + x_4) * \sin(x_2) + k_2 x_6 - (m l_2 + m_2 l_{c_2}) * g * \cos(x_1 + x_2); \\
 &b_5 = x_7; \quad b_6 = x_8; \\
 &b_7 = -a_2 x_3 * \sin(x_2) - k_1 x_5 + u; \quad b_8 = -a_2 x_3 * \sin(x_2) + k_2 x_2 + u;
 \end{aligned}$$

То систему дифференциальных уравнений (18) можно переписать в векторном виде

$$A(x) * \dot{x} = B(x,u) \tag{19}$$

Перепишем уравнения (19) в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений (1), необходимо вычислить обратную матрицу от $A(x)$ и затем вектор-функцию

$$f(x,u) = A^{-1}(x) * B(x,u). \tag{20}$$

Ввиду сложности обращения матриц $A(x)$, элементы которой зависят от 8-ми переменных, дальнейшие расчеты будем проводить для робота «PUMA 550/560» при следующих значениях:

$$\begin{aligned}
 &i = 1 \dots 1000; \quad k_1 = 25000 \text{ Нм}; \quad k_2 = 6500 \text{ Нм}; \\
 &l_{c_1} = l_{c_2} = 0.1 \text{ м}; \quad l_1 = l_2 = 0.5 \text{ м}; \quad m_1 = 40 \text{ кг}; \quad m_2 = 24 \text{ кг}; \quad m = 5 \text{ кг}; \\
 &J_{c_1} = 2.1 \text{ кг м}^2; \quad J_{c_2} = 0.7 \text{ кг м}^2; \quad J_1 = 20 \text{ кг м}^2; \quad J_2 = 3 \text{ кг м}^2.
 \end{aligned}$$

Для проведения аналитических вычислений применим программу, реализованную на системе Matlab. Текст программы приводится ниже.

$$Nm = \text{sym}('[0 0 0 0; 0 0 0 0; 0 0 0 0; 0 0 0 0]'); \quad C = [Nm \ Nm; \ Nm \ Nm];$$

```

B=sym('[0 0 0 0 0 0 0 0]'); F=sym('[0 0 0 0 0 0 0 0]');
i=1; m=5; m1=40; m2=42; J1=20; J2=3; Jc1=2.1; Jc2=0.7; L1=0.5; L2=0.5;
Lc1=0.1; Lc2=0.1; k1=25000; k2=6500; g=1;
a1=m*(L1*L1+L2*L2)+m1*Lc1*Lc1+m2*(L1*L1+Lc2*Lc2)+Jc1+Jc2+J2/(i*i);
a2=L1*(m*L2+m2*Lc2); a3=m*L2*L2+m2*Lc2+Jc2;
syms x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 u;
C(1,1)=1; C(2,2)=1; C(3,3)=a1+2*a2*cos(x2); C(3,4)=a3+a2*cos(x2);
C(3,8)=J2/i; C(4,3)=a3+a2*cos(x2); C(4,4)=a3; C(5,5)=1; C(6,6)=1;
C(7,7)=J1; C(8,8)=J2; C(8,4)=J2/i; C
B(1)=x3; B(2)=x4;
B(3)=a2*x4*(2*x3+x4)*sin(x2)-k1*x1-(m*L2+m2*Lc2)*g*cos(x1+x2)-
(m1*Lc1+m2*L1+m*L1)*g*cos(x1);
B(4)=a2*x4*(2*x3+x4)*sin(x2)-k2*x6+(m*L2+m2*Lc2)*g*cos(x1+x2);
B(5)=x7; B(6)=x8; B(7)=-a2*x3*sin(x2)-k1*x5+u;
B(8)=-a2*x3*sin(x2)-k2*x2+u; B.'
Cb=inv(C); Cb
for ii = 1:8
ch=0;
for jj=1:8
ch=ch+Cb(ii,jj)*B(jj);
end;
F(ii)=ch;
end;
F.'
End

```

Ниже представлены результаты выполнения программы

```

c11 = 1; c12 = 0; c13 = 0; c14 = 0; c15 = 0; c16 = 0; c17 = 0; c18 = 0;
c21 = 0; c22 = 1; c23 = 0; c24 = 0; c25 = 0; c26 = 0; c27 = 0; c28 = 0;
c31 = 0; c32 = 0; c33 =  $\frac{981}{50} + \frac{67}{10} * \cos(x2)$ ; c34 = 123/20 + 67/20 * cos(x2);
c35 = 0; c36 = 0; c37 = 0; c38 = 3;
c41 = 0; c42 = 0; c43 = 123/20+67/20*cos(x2); c44 = 123/20;
c45 = 0; c46 = 0; c47 = 0; c48 = 0;
c51 = 0; c52 = 0; c53 = 0; c54 = 0; c55 = 1; c56 = 0; c57 = 0; c58 = 0;
c61 = 0; c62 = 0; c63 = 0; c64 = 0; c65 = 0; c66 = 1; c67 = 0; c68 = 0;
c71 = 0; c72 = 0; c73 = 0; c74 = 0; c75 = 0; c76 = 0; c77 = 20; c78 = 0;
c81 = 0; c82 = 0; c83 = 0; c84 = 3; c85 = 0; c86 = 0; c87 = 0; c88 = 3;
b1 = x3; b2 = x4;
b3 = 67/20*x4*(2*x3+x4)*sin(x2)-25000*x1-67/10*cos(x1+x2)-55/2*cos(x1);
b4 = 67/20*x4*(2*x3+x4)*sin(x2)-6500*x6+67/10*cos(x1+x2);

```

$$b_5 = x_7; \quad b_6 = x_8;$$

$$b_7 = -\frac{67}{20} * x_3 * \sin(x_2) - 25000 * x_5 + u;$$

$$b_8 = -\frac{67}{20} * x_3 * \sin(x_2) - 6500 * x_2 + u.$$

Обозначим элементы 8*8-матрицы $C^{-1}(x)$ через cp_{ij} , которые примут следующие значения (только ненулевые):

$$cp_{11} = 1; \quad cp_{22} = 1;$$

$$cp_{33} = -12300 / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2);$$

$$cp_{34} = 100 * (63 + 67 * \cos(x_2)) / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2);$$

$$cp_{38} = 12300 / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2);$$

$$cp_{43} = 100 * (123 + 67 * \cos(x_2)) / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2);$$

$$cp_{44} = -40 * (981 + 335 * \cos(x_2)) / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2);$$

$$cp_{48} = -100 * (123 + 67 * \cos(x_2)) / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2);$$

$$cp_{55} = 1; \quad c_{66} = 1; \quad c_{77} = 1/20;$$

$$c_{83} = -100 * (123 + 67 * \cos(x_2)) / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2);$$

$$c_{84} = 40 * (981 + 335 * \cos(x_2)) / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2);$$

$$c_{88} = 1/3 * (-165681 + 22445 * \cos(x_2)^2) / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2).$$

Уравнения робота (18) приведем к нормальному виду

$$\frac{dx}{dt} = f(x, u, t) \tag{21}$$

где

$$f(x, u) = C^{-1}(x) * B(x, u) = \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \dots \\ f_8 \end{pmatrix}, \quad f_1 = x_3, \quad f_2 = x_4,$$

$$f_3 = -12300 / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2) * (67/20 * x_4 * (2 * x_3 + x_4) * \sin(x_2) - 25000 * x_1 - 67/10 * \cos(x_1 + x_2) - 55/2 * \cos(x_1)) + 100 * (63 + 67 * \cos(x_2)) / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2) * (67/20 * x_4 * (2 * x_3 + x_4) * \sin(x_2) - 500 * x_6 + 67/10 * \cos(x_1 + x_2)) + 12300 / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2) * (-67/20 * x_3 * \sin(x_2) - 6500 * x_2 + u),$$

$$f_4 = 100 * (123 + 67 * \cos(x_2)) / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2) * (67/20 * x_4 * (2 * x_3 + x_4) * \sin(x_2) - 25000 * x_1 - 67/10 * \cos(x_1 + x_2) - 55/2 * \cos(x_1)) - 40 * (981 + 335 * \cos(x_2)) / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2) * (67/20 * x_4 * (2 * x_3 + x_4) * \sin(x_2) - 6500 * x_6 + 67/10 * \cos(x_1 + x_2)) - 100 * (123 + 67 * \cos(x_2)) / (-202581 - 20100 * \cos(x_2) + 22445 * \cos(x_2)^2) * (-67/20 * x_3 * \sin(x_2) - 6500 * x_2 + u)$$

$$f_5 = x_7, \quad f_6 = x_8, \quad f_7 = -67/400 * x_3 * \sin(x_2) - 1250 * x_5 + 1/20 * u,$$

$$f_8 = -100*(123+67*\cos(x2))/(-202581-20100*\cos(x2) + 22445*\cos(x2)^2)*(67/20*x4*(2*x3+x4)*\sin(x2)-25000*x1-67/10*\cos(x1+x2)-55/2*\cos(x1)) + 40*(981+335*\cos(x2))/(-202581-20100*\cos(x2) + 22445*\cos(x2)^2)*(67/20*x4*(2*x3+x4)*\sin(x2)-6500*x6 + 67/10*\cos(x1+x2)) + 1/3*(-165681+22445*\cos(x2)^2)/(-202581 - 20100*\cos(x2) + 22445*\cos(x2)^2)*(-67/20*x3*\sin(x2) - 6500*x2+u)$$

С помощью программы, написанной на MatLab и начальный фрагмент которого представлен ниже, получим следующие результаты линеаризации системы (21).

```
syms x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x A b c
x0 = [0 0 4 2 0 0 1 1];
x = [x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8];
t = [0 10];
y0 = x0; u = 0;
F = [...x3;...x4;...-369./(-6070.-603.*cos(x2)+673.*cos(x2)^2)*(3.35*x4*(2.*x3+x4)*sin(x2)-.25000.*x1-6.70*cos(x1+x2)-27.5*cos(x1)))+(189.+201.*cos(x2))/(-6070.-603.*cos(x2)+673.*cos(x2)^2)*(3.35*x4*(2.*x3+x4)*sin(x2)-6500.*x6+6.70*cos(x1+x2))+369./(-6070.-603.*cos(x2)+673.*cos(x2)^2)*(-3.35*x3*sin(x2)-6500.*x2+u);
... (369.+201.*cos(x2))/(-6070.-603.*cos(x2)+673.*cos(x2)^2)*(3.35*x4*(2.*x3+x4)*sin(x2)-25000.*x1-6.70*cos(x1+x2)-27.5*cos(x1))-(1180.+402.*cos(x2))/(-6070.-603.*cos(x2)+673.*cos(x2)^2)*(3.35*x4*(2.*x3+x4)*sin(x2)-6500.*x6+6.70*cos(x1+x2))-1.*(369.+201.*cos(x2))/(-6070.-603.*cos(x2)+673.*cos(x2)^2)*(-3.35*x3*sin(x2)-6500.*x2+u);
x7; x8; 168*x3*sin(x2)-1250.*x5+.05*u;
...-1.*(369.+201.*cos(x2))/(-6070.-603.*cos(x2)+673.*cos(x2)^2)*(3.35*x4*(2.*x3+x4)*sin(x2)-25000.*x1-6.70*cos(x1+x2)-27.5*cos(x1))+(1180.+402.*cos(x2))/(-6070.-603.*cos(x2)+673.*cos(x2)^2)*(3.35*x4*(2.*x3+x4)*sin(x2)-6500.*x6+6.70*cos(x1+x2))+(-1650.+224.*cos(x2)^2)/(-6070.-603.*cos(x2)+673.*cos(x2)^2)*(-3.35*x3*sin(x2)-6500.*x2+u)];
```

Представим результат выполнения программы в следующем виде:

$$A(x) = \frac{\partial f(x, t)}{\partial x} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{18} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{28} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{81} & a_{82} & \dots & a_{68} \end{pmatrix} \tag{22}$$

Выпишем только ненулевые элементы матрицы A(x):

$$a_{13}=1, a_{24}=1, a_{31}=(369.0*(6.7*\sin(x1 + x2) + 27.5*\sin(x1) - 0.25))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) + (6.7*\sin(x1 + x2)*(201.0*\cos(x2) + 189.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0),$$

$$a_{32} = (369.0*(3.35*x^3*\cos(x2) + 6500.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) + (369.0*(6.7*\sin(x1 + x2) + 3.35*x^4*\cos(x2)*(2.0*x^3 + x4)))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) + (201.0*\sin(x2)*(6.7*\cos(x1 + x2) - 6500.0*x6 + 3.35*x^4*\sin(x2)*(2.0*x^3 + x4)))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) + ((6.7*\sin(x1 + x2) - 3.35*x^4*\cos(x2)*(2.0*x^3 + x4))*(201.0*\cos(x2)+189.0))/(603.0*\cos(x2)-673.0*\cos(x2)^2+6070.0)+(369.0*(603.0*\sin(x2) - 1346.0*\cos(x2)*\sin(x2))*(6500.0*x2 + 3.35*x^3*\sin(x2)))/(- 673.0*\cos(x2)^2 + 603.0*\cos(x2) + 6070.0)^2 - (369.0*(603.0*\sin(x2) - 1346.0*\cos(x2)*\sin(x2))*(0.25*x1 + 6.7*\cos(x1 + x2) + 27.5*\cos(x1) - 3.35*x^4*\sin(x2)*(2.0*x^3 + x4)))/(- 673.0*\cos(x2)^2 + 603.0*\cos(x2) + 6070.0)^2 - (1.0*(201.0*\cos(x2) + 189.0)*(603.0*\sin(x2) - 1346.0*\cos(x2)*\sin(x2))*(6.7*\cos(x1 + x2) - 6500.0*x6 + 3.35*x^4*\sin(x2)*(2.0*x^3 + x4)))/(- 673.0*\cos(x2)^2 + 603.0*\cos(x2) + 6070.0)^2$$

$$a_{33} = 1236.1*\sin(x2))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) + (2472.3*x^4*\sin(x2))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (6.7*x^4*\sin(x2)*(201.0*\cos(x2) + 189.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0)^2,$$

$$a_{34} = (369.0*(3.35*\sin(x2)*(2.0*x^3+x4)+3.35*x^4*\sin(x2)))/(603.0*\cos(x2)-673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (1.0*(3.35*\sin(x2)*(2.0*x^3 + x4) + 3.35*x^4*\sin(x2))*(201.0*\cos(x2) + 189.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0)$$

$$a_{36} = 6500.0*(201.0*\cos(x2) + 189.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0)$$

$$a_{41} = - (6.7*\sin(x1 + x2)*(402.0*\cos(x2) + 1180.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (1.0*(201.0*\cos(x2) + 369.0)*(6.7*\sin(x1 + x2) + 27.5*\sin(x1) - 25000.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0),$$

$$a_{42} = (201.0*\sin(x2)*(6500.0*x2 + 3.35*x^3*\sin(x2)))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (1.0*(201.0*\cos(x2) + 369.0)*(3.35*x^3*\cos(x2) + 6500.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (1.0*(201.0*\cos(x2) + 369.0)*(6.7*\sin(x1 + x2) + 3.35*x^4*\cos(x2)*(2.0*x^3 + x4)))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (402.0*\sin(x2)*(6.7*\cos(x1 + x2) - 6500.0*x6 + 3.35*x^4*\sin(x2)*(2.0*x^3 + x4)))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (1.0*(6.7*\sin(x1 + x2) - 3.35*x^4*\cos(x2)*(2.0*x^3 + x4))*(402.0*\cos(x2) + 1180.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (201.0*\sin(x2)*(25000.0*x1 + 6.7*\cos(x1 + x2) + 27.5*\cos(x1) - 3.35*x^4*\sin(x2)*(2.0*x^3 + x4)))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (1.0*(201.0*\cos(x2) + 369.0)*(603.0*\sin(x2) - 1346.0*\cos(x2)*\sin(x2))*(6500.0*x2 + 3.35*x^3*\sin(x2)))/(- 673.0*\cos(x2)^2 + 603.0*\cos(x2) + 6070.0)^2 + ((201.0*\cos(x2) + 369.0)*(603.0*\sin(x2) - 1346.0*\cos(x2)*\sin(x2))*(25000.0*x1 + 6.7*\cos(x1 + x2) + 27.5*\cos(x1) - 3.35*x^4*\sin(x2)*(2.0*x^3 + x4)))/(- 673.0*\cos(x2)^2 + 603.0*\cos(x2) + 6070.0)^2 + ((402.0*\cos(x2) + 1180.0)*(603.0*\sin(x2) - 1346.0*\cos(x2)*\sin(x2))*(6.7*\cos(x1 + x2) - 6500.0*x6 + 3.35*x^4*\sin(x2)*(2.0*x^3 + x4)))/(- 673.0*\cos(x2)^2 + 603.0*\cos(x2) + 6070.0)^2$$

$$a_{43} = (6.7*x^4*\sin(x2)*(402.0*\cos(x2) + 1180.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (6.7*x^4*\sin(x2)*(201.0*\cos(x2) + 369.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (3.35*\sin(x2)*(201.0*\cos(x2) + 369.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0),$$

$$a_{44} = ((3.35*\sin(x2)*(2.0*x3 + x4) + 3.35*x4*\sin(x2))*(402.0*\cos(x2) + 1180.0))/(603.0 * \cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (1.0*(3.35*\sin(x2)*(2.0*x3 + x4) + 3.35*x4*\sin(x2))*(201.0*\cos(x2) + 369.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0),$$

$$a_{41} = \cos(x2)*\cos(x3),$$

$$a_{46} = - (6500.0*(402.0*\cos(x2) + 1180.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0),$$

$$a_{57} = 1, a_{68} = 1,$$

$$a_{72} = 168.0*x3*\cos(x2), a_{73} = 168.0*\sin(x2), a_{75} = - 1250.0,$$

$$a_{81} = (6.7*\sin(x1 + x2)*(402.0*\cos(x2) + 1180.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) + ((201.0*\cos(x2) + 369.0)*(6.7*\sin(x1 + x2) + 27.5*\sin(x1) - 25000.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0),$$

$$a_{82} = ((224.0*\cos(x2)^2 - 1650.0)*(3.35*x3*\cos(x2) + 6500.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) + (201.0*\sin(x2)*(25000.0*x1 + 6.7*\cos(x1 + x2) + 27.5*\cos(x1) - 3.35*x4*\sin(x2)*(2.0*x3 + x4)))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) + ((201.0*\cos(x2) + 369.0)*(6.7*\sin(x1 + x2) + 3.35*x4*\cos(x2)*(2.0*x3 + x4)))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) + (402.0*\sin(x2)*(6.7*\cos(x1 + x2) - 6500.0*x6 + 3.35*x4*\sin(x2)*(2.0*x3 + x4)))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) + ((6.7*\sin(x1 + x2) - 3.35*x4*\cos(x2)*(2.0*x3 + x4))*(402.0*\cos(x2) + 1180.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (1.0*(201.0*\cos(x2) + 369.0)*(603.0*\sin(x2) - 1346.0*\cos(x2)*\sin(x2))*(25000.0*x1 + 6.7*\cos(x1 + x2) + 27.5*\cos(x1) - 3.35*x4*\sin(x2)*(2.0*x3 + x4)))/(- 673.0*\cos(x2)^2 + 603.0*\cos(x2) + 6070.0)^2 - (1.0*(402.0*\cos(x2) + 1180.0)*(603.0*\sin(x2) - 1346.0*\cos(x2)*\sin(x2))*(6.7*\cos(x1 + x2) - 6500.0*x6 + 3.35*x4*\sin(x2)*(2.0*x3 + x4)))/(- 673.0*\cos(x2)^2 + 603.0*\cos(x2) + 6070.0)^2 - (448.0*\cos(x2)*\sin(x2)*(6500.0*x2 + 3.35*x3*\sin(x2)))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) + ((224.0*\cos(x2)^2 - 1650.0)*(603.0*\sin(x2) - 1346.0*\cos(x2)*\sin(x2))*(6500.0*x2 + 3.35*x3*\sin(x2)))/(- 673.0*\cos(x2)^2 + 603.0*\cos(x2) + 6070.0)^2.$$

$$a_{83} = (3.35*\sin(x2)*(224.0*\cos(x2)^2 - 1650.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) + (6.7*x4*\sin(x2)*(201.0*\cos(x2) + 369.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (6.7*x4*\sin(x2)*(402.0*\cos(x2) + 1180.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0),$$

$$a_{84} = ((3.35*\sin(x2)*(2.0*x3 + x4) + 3.35*x4*\sin(x2))*(201.0*\cos(x2) + 369.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0) - (1.0*(3.35*\sin(x2)*(2.0*x3 + x4) + 3.35*x4*\sin(x2))*(402.0*\cos(x2) + 1180.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0),$$

$$a_{86} = (6500.0*(402.0*\cos(x2) + 1180.0))/(603.0*\cos(x2) - 673.0*\cos(x2)^2 + 6070.0).$$

Вычислим значение матрицы A(x) в точке $x_0 = [0 \ 0 \ 4 \ 2 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1]$;

$$A(x_0) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.015375 & 400.34 & 0 & 0 & 0 & 422.5 & 0 & 0 \\ 2375.0 & -607.47 & 0 & 0 & 0 & -1713.8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 672.0 & 0 & 0 & -1250.0 & 0 & 0 & 0 \\ -2375.0 & -1559.3 & 0 & 0 & 0 & 1713.8 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (23)$$

В дальнейшем матрица A , представленная в виде (23), может быть использована для анализа устойчивости или управляемости модели двухзвенного робота в заданной точке.

Выводы. На основе систем аналитических вычислений MatLab автоматизирована процедура линеаризации нелинейной системы, описываемой обыкновенными дифференциальными уравнениями.

Эффективность предложенной процедуры продемонстрирована на двух примерах.

Для математической модели динамики беспилотного летательного аппарата, описываемой системой обыкновенных дифференциальных уравнений 6-го порядка, автоматически построена линеаризованная система.

Для математической модели двухзвенного робота разработаны две процедуры. Первая процедура позволяет нормализовать математическую модель, полученную на основе уравнений Лагранжа второго рода. Вторая процедура по нормализованной математической модели строит ее линеаризованную копию.

В дальнейшем полученные линеаризованные модели могут быть использованы для изучения свойств устойчивости или управляемости исходной модели.

Работа выполнена за счет средств программно-целевого финансирования научных исследований на 2023-2025 годы по проекту ИРН AP19676966 «Разработка программно-аппаратного комплекса психофизиологического отбора и реабилитации снайперов».

Литература

1. Борисов О.И. Методы управления робототехническими приложениями. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 108 с.
2. Булгаков А.Г., Воробьев В.А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление. – М.: Солон-Пресс, 2011. – 488 с.
3. Колемаев В.А. Математическая экономика. – М.: Юнити-Дана, 2002. – 399 с.
4. Христиановский В.В., Щербина В.П. Экономико-математические методы и модели: теория и практика. – Донецк: ДонНУ, 2010. – 335 с.
5. Теуш Б.Л. Обыкновенные дифференциальные уравнения: Курс для будущих инженеров. – М.: Ленанд, 2022. – 504 с.
6. Борисов В.Г. Прикладные задачи теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Механическое движение. – Кемерово: Кемеровский гос. университет, 2015. – 130 с.
7. Francesco Boarotto, Mario Sigalott. Dwell-time control sets and applications to the stability analysis of linear switched systems // Journal of Differential Equations, 2020. – Vol. 268. – Issue 4. – P. 1345-1378.
8. Víctor Ayala, Adriano Da Silva, Philippe Jouan, Guilherme Zsigmond. Control sets of linear systems on semi-simple Lie groups” // Journal of Differential Equations, 2020. – Vol. 269. – Issue 1. – P. 449-466.
9. Wenbing Zhang, Qing-Long Han, Yang Tang, Yurong Liu. Sampled-data control for a class of linear time-varying systems // Automatica, 2019. – Vol. 103. – P. 126-134.
10. Mazakov T., Wójcik W., Jomartova Sh., Karymsakova N., Ziyatbekova G., Tursynbai A. The Stability Interval of the Set of Linear System // INTL Journal of Electronics and Telecommunications, 2021. – 67(2). – Pp.155-161. DOI: 10.24425/ijet.2021.135958

11. A. Mazakova, S. Jomartova, T. Mazakov, T. Shormanov, B. Amirkhanov. Controllability of an unmanned aerial vehicle // IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON), 2022. – Pp. 1-5. doi: 10.1109/ENERGYCON53164.2022.9830244.

12. Щеглова А.А. Об управляемости нелинейных дифференциально-алгебраических уравнений // Материалы Международ. конф. «Динамические системы: устойчивость, управление, оптимизация», Минск, 2008. – С.166-168.

13. Молчанов А.М. Об устойчивости нелинейных систем. – Пущино: Институт математических проблем биологии РАН, 2013. – 103 с.

14. Аладьев В.З., Бойко В.К., Ровба Е.А. Программирование и разработка приложений в Maple. Гродно: ГрГУ; Таллинн: Межд. Акад. Ноосферы, 2007. – 458 с.

15. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в Matlab. – СПб.: Питер: Изд. группа BHV, 2005. – 512 с.

16. Дьяконов В.П. Системы компьютерной алгебры Derive. – М.: Солон-Пресс, 2002. – 320 с.

17. Грошева М.В., Ефимов Г.Б., Самсонов В.А. История использования аналитических вычислений в задачах механики. – М.: ИПМ имени Келдыша РАН, 2005. – 87 с.

18. Дьяконов В.П. Энциклопедия компьютерной алгебры. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 1264 с.

19. Квитко А.Н. Методы решения краевых задач для управляемых систем обыкновенных дифференциальных уравнений и их применение при решении задач управления движением центра масс летательного аппарата // Автореф. диссер. доктор. физ-мат. наук, спец. 01.01.11 – системный анализ и автоматическое управление. – СПб., 1992. – 30 с.

20. Бурдаков С.Ф. Математические модели и идентификация роботов с упругими элементами. – Л.: ЛГТУ. 1990. – 95 с.

21. Фрейдович Л.Б. Устойчивость и управление манипуляционными роботами // Дис. кандидата физ-мат. наук, спец. 05.13.16 – применение выч.техники, мат.моделирования и мат. методов в научных исследованиях. – СПб., 1999. – 156 с.

References

1. Borisov O.I. Methods of control of robotics applications. – St. Petersburg: ITMO University, 2016. – 108 p.

2. Bulgakov A.G., Vorobyov V.A. Industrial robots. Kinematics, dynamics, control and management. – M.: Solon-Press, 2011. – 488 p.

3. Kolemaev V.A. Mathematical Economics. – M.: Unity-Dana, 2002. – 399 p.

4. Khristianovsky V.V., Shcherbina V.P. Economic and mathematical methods and models: theory and practice. – Donetsk: DonNU. 2010. – 335 p.

5. Teush B.L. Ordinary differential equations: A course for future engineers. – M.: Lenand, 2022. – 504 p.

6. Borisov V.G. Applied Problems of the Theory of Ordinary Differential Equations. Mechanical motion. – Kemerovo: Kemerovo State University, 2015. – 130 p.

7. Francesco Boarotto, Mario Sigalott. Dwell-time control sets and applications to the stability analysis of linear switched systems // Journal of Differential Equations, 2020. – Vol. 268. – Issue 4. – P. 1345-1378.

8. Víctor Ayala, Adriano Da Silva, Philippe Jouan, Guilherme Zsigmond. Control sets of linear systems on semi-simple Lie groups” // Journal of Differential Equations, 2020. – Vol. 269. – Issue 1. – P. 449-466.
9. Wenbing Zhang, Qing-Long Han, Yang Tang, Yurong Liu. Sampled-data control for a class of linear time-varying systems // Automatica, 2019. – Vol. 103. – P. 126-134.
10. Mazakov T., Wójcik W., Jomartova Sh., Karymsakova N., Ziyatbekova G., Tursynbai A. The Stability Interval of the Set of Linear System // INTL Journal of Electronics and Telecommunications, 2021. – 67(2). – Pp.155-161. DOI: 10.24425/ijet.2021.135958
11. A. Mazakova, S. Jomartova, T. Mazakov, T. Shormanov , B. Amirkhanov. Controllability of an unmanned aerial vehicle // IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON), 2022. – Pp. 1-5. doi: 10.1109/ENERGYCON53164.2022.9830244.
12. Shcheglova A.A. On controllability of nonlinear differential-algebraic equations // Proc. of International Conference “Dynamic Systems: Stability, Control, Optimization”. – Minsk, 2008. – Pp.166-168.
13. Molchanov A.M. On the stability of nonlinear systems. – Pushchino: Institute of Mathematical Problems of Biology RAS, 2013. – 103 p.
14. Aladyev V.Z., Boyko V.K., Rovba E.A. Programming and Development of Applications in Maple. Grodno: GrSU. – Tallinn: International Noosphere Academy, 2007. – 458 p.
15. Lazarev Y. Modeling Processes and Systems in Matlab. – SPb.: Peter: VNV Publishing Group, 2005. – 512 p.
16. Dyakonov V.P. Systems of computer algebra Derive. – M.: Solon-Press, 2002. – 320 p.
17. Grosheva M.V., Efimov G.B., Samsonov V.A. History of using analytical calculations in mechanics problems. – M.: The Keldysh Institute for Applied Mechanics of the Russian Academy of Sciences, 2005. – 87 p.
18. Dyakonov V.P. Encyclopedia of computer algebra. – M.: DMK Press, 2010. – 1264 p.
19. Kvitko A.N. Methods for solving boundary value problems for controllable systems of ordinary differential equations and their application in solving problems of controlling the motion of the center of mass of an aircraft // D. thesis, specialty 01.01.11 – system analysis and automatic control. – D. thesis, speciality 01.01.11 – System analysis and automatic control. – 30 p.
20. Burdakov S.F. Mathematical models and identification of robots with elastic elements. – L.: LSTU. 1990. – 95 p.
21. Freidovich L.B. Stability and control of manipulating robots // D. thesis in Physics and Mathematics, specialty 05.13.16 – application of calculus, modeling and mathematical methods in scientific research. – SPb., 1999. – 156 p.

Сведения об авторах

Мазакова А.Т. – докторант НАО Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, aigegym97@mail.ru;

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

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, Алматы, Казахстан, tmazakov@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, Алматы, Казахстан, ziyatbekova@mail.ru;

Досаналиева А.Т. – старший преподаватель университета «Туран», докторант НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», Алматы, Казахстан, a.dosanalieva@turan-edu.kz

Information about the authors

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

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

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, Almaty, Kazakhstan, tmazakov@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, Almaty, Kazakhstan, ziyatbekova@mail.ru;

Dossanaliyeva A. T. – Senior lecturer at Turan University, Doctoral student at Gumarbek Daukeev Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan, a.dosanalieva@turan-edu.kz

FTAMP 29.31.26

<https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.18-72>

ЖЕР БЕТІНІҢ ҒАРЫШТЫҚ СУРЕТТЕРІН ӨНДЕУ КЕЗІНДЕ ОПТИКАЛЫҚ-ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖҮЙЕНІ ҚОЛДАНУ ӘДІСТЕМЕСІ

**А.Д. Тулегулов, К.М. Акишев, М.Ш. Нурмагамбетов,
С.С. Демесинова, Р.Ш. Палымбетов**

Қазақ технология және бизнес университеті. Астана, Қазақстан,
tad62@ya.ru

Жұмыста жер бетінің ғарыштық суреттерін өңдеу үшін оптикалық-электронды жүйені қолданудың өзектілігі көрсетілген. Эксперименттік зерттеулердің мақсаты жер бетінің ғарыштық суреттерін өңдеу кезінде оптикалық-электронды жүйені қолдану әдістемесін әзірлеу болып табылады. Соңғы онжылдықтарда геоақпараттық жүйелер өте белсенді дамып келеді, бұл өз кезегінде ғарыштық суреттердің сапасына жоғары талаптар қояды.

Ғарыштық суреттердің сапасын жақсарту мәселесі бірнеше жолмен шешілуі мүмкін. Техникалық тұрғыдан алғанда, кеңістіктік ажыратымдылығы өте жоғары заманауи түсірілім аппараттарын пайдалану қажет. Сондай-ақ жер бетінің ғарыштық суреттерін өңдеу кезінде оптикалық-электронды жүйені қолдану әдістемесін жетілдіру қажет.

Мақалада ультра жоғары ажыратымдылықтағы оптикалық-электронды ғарыштық жүйелер, олардың техникалық сипаттамалары, жабдықтары және жалпы құрылыс схемасы талданады. Телескоптың түсірілім объектілеріне қайта бағытталу жылдамдығын арттыруға мүмкіндік беретін моментті басқару гироскоптарын қолдану арқылы бағдарлау жүйесіндегі өнімділікті арттыру мүмкіндіктері қарастырылады.

Түйінді сөздер: оптикалық-электронды жүйе, әдістеме, геоақпараттық жүйелер, сапа, аппаратура, бағдарлау жүйелері, гироскоптар, қайта бағыттау жылдамдығы.

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

**А.Д. Тулегулов, К.М. Акишев, М.Ш. Нурмагамбетов, С.С. Демесинова,
Р.Ш. Палымбетов**

Казахский университет технологии и бизнеса. Астана, Казахстан.
tad62@ya.ru

В работе показана актуальность применения оптико-электронной системы для обработки космических снимков поверхности Земли. Целью экспериментальных исследований является разработка методологии применения оптико-электронной системы при обработке космических снимков поверхности Земли. В последние десятилетия очень активно развиваются геоинформационные системы, что в свою очередь предъявляет более высокие требования к качеству космических снимков.

Проблема повышения качества космических снимков может быть решена несколькими путями. С технической точки зрения необходимо использовать более современные съемоч-

ные аппараты, обладающие сверхвысоким пространственным разрешением. Также необходимо совершенствовать методологию применения оптико-электронной системы при обработке космических снимков поверхности Земли.

В статье анализируются действующие оптико-электронные космические системы сверхвысокого разрешения, их технические характеристики, аппаратура и общая схема построения.

Ключевые слова: оптико-электронная система, методология, геоинформационные системы, качество, аппаратура, системы ориентации, гироскопы, скорость перенацеливания.

METHODOLOGY FOR USING AN OPTICAL-ELECTRONIC SYSTEM WHEN PROCESSING SPACE IMAGES OF THE EARTH'S SURFACE

A. Tulegulov, K. Akishev, M.Sh. Nurmagambetov, C.S. Demessinova,
R.Sh. Palymbetov

Kazakh University of Technology and Business. Astana, Kazakhstan.

tad62@ya.ru

The paper shows the relevance of the use of an optoelectronic system for processing satellite images of the Earth's surface. The aim of experimental research is to develop a methodology for the application of an optical-electronic system in the processing of satellite images of the Earth's surface. Geoinformation systems have been actively developing in recent decades, which in turn places higher demands on the quality of satellite images.

The problem of improving the quality of satellite images can be solved in several ways. From a technical point of view, it is necessary to use more modern filming devices with ultra-high spatial resolution. It is also necessary to improve the methodology of using an optoelectronic system for processing satellite images of the Earth's surface.

The article analyzes the current ultra-high-resolution optical-electronic space systems, their technical characteristics, equipment and general construction scheme.

Keywords: optoelectronic system, methodology, geoinformation systems, quality, equipment, orientation systems, gyroscopes, re-targeting speed.

Кіріспе. Соңғы жылдары фотографиялық жүйелердің сапасымен салыстырылатын алынған материалдардың сапасын қамтамасыз ететін оптикалық-электрондық жүйелердің дамуында прогресс байқалды. Сонымен қатар, суреттердің болуы оларды сәтті өңдеудің кілті емес екенін түсіну керек – жоғары ажыратымдылықтағы ғарыштық суреттер бірқатар ерекшеліктерге ие. Кеңістіктік ажыратымдылығы 1 м болатын суреттерді өңдеуге ерекше назар аударылады – қазіргі уақытта нарықта қол

жетімді ең жақсы ажыратымдылық. Жоғары ажыратымдылықтағы суреттерді өңдеудің техникалық ерекшеліктері олардың табиғатынан туындайды: түсірілім камерасының күрделі геометриясы, тар көру жолағы және соның салдарынан шағын кадр өлшемі, стерео кескінді алудың қиындығы.

Зерттеудің әдіснамалық негізі жүйелік тәсіл болып табылады. Жұмыста жалпы ғылыми әдістер қолданылды: талдау және синтез, индукция және дедукция, абстрактіліден нақтыға көтерілу. Зерттеу стратеги-

ясы ЖКЗ технологияларының техникалық, экономикалық және әлеуметтік тиімділігі мәселелері бойынша әртүрлі көздерден ақпаратты жинау, талдау және түсіндіру болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістемесі. Пайдаланушының бірінші қиындығы-ортофото кескінін алу. Камера осінің надирден ауытқуы спутниктің ұшу жолынан тыс жатқан аумақты түсіру қажеттілігіне байланысты айтарлықтай шамаларға жетуі мүмкін. Нәтижесінде кескіндердің айтарлықтай перспективалық бұрмалануы мүмкін. Қалалық аумақтарды түсіру тұтынушылар үшін ерекше (және басым) қызығушылық тудыратындығын ескере отырып, бұрмаланулар ғимараттың, әсіресе көп қабатты ғимараттың бейнелеріне айтарлықтай әсер етуі мүмкін [1].

Түсірілім осінің надирден 15%-дан астам ауытқу бұрышында жоғары сапалы ортофото жасау мүмкін емес, өйткені ғимараттардың табаны мен шатырының суреттегі орналасу айырмашылығы қарапайым орто кескін технологияларын қолдана отырып жойылмайды. Суретті өндегеннен кейін ғимараттардың табанының орналасуы геометриялық дәл деп санауға болады, өйткені GPS өлшемдері немесе ауқымды картадан алынған нүктелер жер бетінде орналасқан. Шынайы ортофото деп аталатын әдістерді жасау, мысалы, суреттердің стерео жұптарын талдауға және шатыр кескіндерін орто-түзетілген кескінге сәйкес келетін шынайы күйіне ауыстыруға негізделген. Іс жүзінде мұндай технологиялар әлі кең қолданыста емес. Әлбетте, ешқандай технология ғимараттардың қабырғаларында жасырылған астыңғы қабат туралы жетіспейтін ақпаратты қоса алмайды.

Түсіретін аппаратураның техникалық талдау

Түсіретін аппаратураның және қалыптастырылған суреттің басты сипаттамалары:

- кеңістіктің рұқсаты (КР)
- радиометрикалық рұқсат (РР);
- спектральды рұқсат (СР)
- уақыттық рұқсат (УР).

Алынған суреттің негізгі геометриялық сипаттамаларын кеңістіктің рұқсаты және шолу жолағының ені болады.

Кеңістіктік рұқсат суреттің минималды тіркелтін элементінің(пиксель) сызықтық өлшемін анықтайды, яғни пиксельмен фиксирленген берілген жер объектісінің минималды сызықтық шамасы.

КР қабылданатын сәуленің толқын ұзындығымен λ , ғарыш аппаратының орбитасының биіктігімен H , объектив диаметрімен D (радиолокациялық бақылау кезінде-антенна апертурасы) байланысты [2]:

$$R \sim wH/D. \quad (1)$$

Опτικο-электрондық сканерлермен алынған КР суреттер мына формуламен анықталады:

$$R \sim wH/f, \quad (2)$$

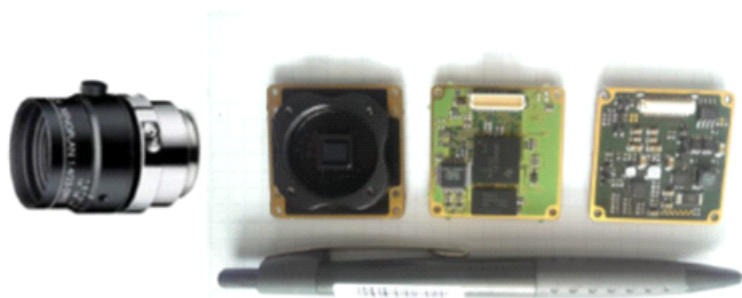
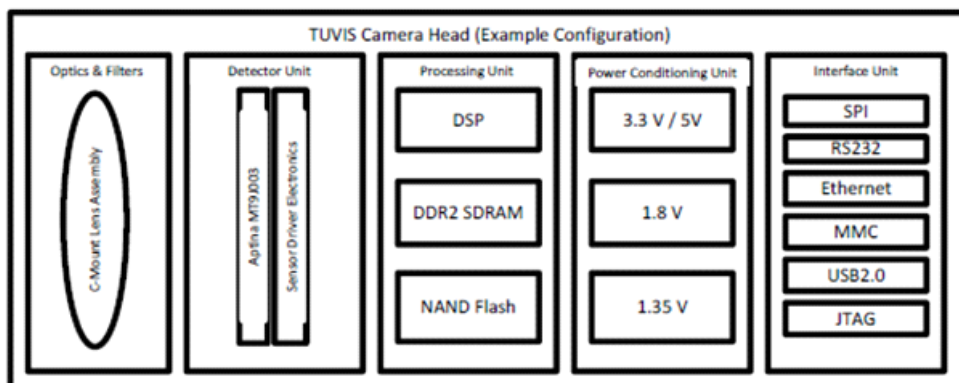
мұнда, w – датчиктің сызықтық өлшемі;

H – орбита биіктігі;

f – оптикалық жүйенің фокусты қашықтығы.

Пиксель өлшемінен кіші объектер, мысалы жолдар, фоннан өзгеше болса суретте ерекшеленуі мүмкін. Басқа жағынан пиксель өлшемімен салыстырмалы немесе үлкенірек объектер егер қасында одан жарық немесе басқа объектер болса ерекшеленбейді.

КР үлкен болған сайын, оның сандық мәні аз болады. Мысалы 79м кеңістіктік рұқсат 10м-ге карағанда дәрекі болып келеді. Жүйелердің айырмашылығы:



1 – Сурет – Оптикалық жүйе құрылғысы

- төмен ($R > 1$ км);
- орташа ($100\text{м} < R < 1$ км);
- жоғарғы ($R < 100\text{м}$) кеңістіктік рұқсаты.

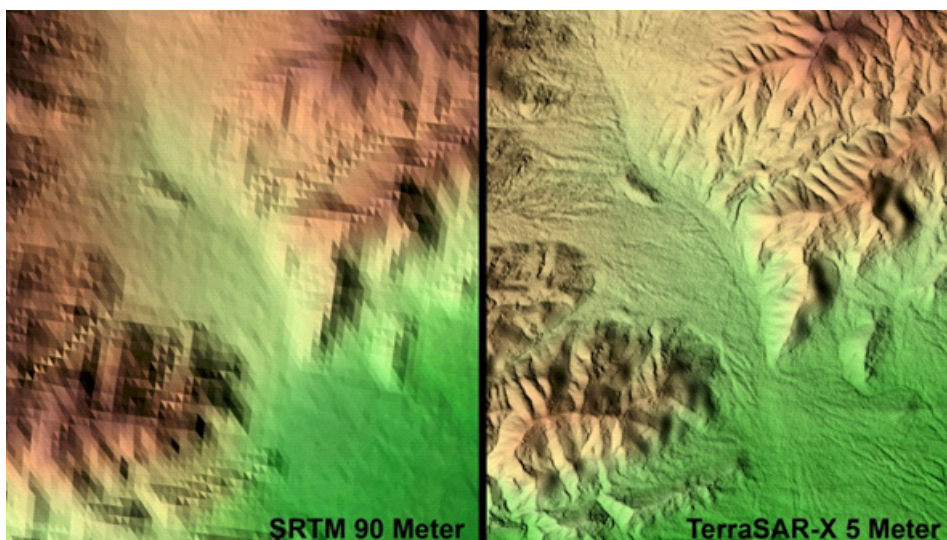
Берілген градацияда КР көрсеткіштерінің шекаралары қазіргі уақытта аздау үрдісінде. Орташа КР-дегі ғарыштық суреттерге 20-30м-ден 500м-ге дейінгі рұқсатпен суреттер жатады, жоғарғы КР-дегі ғарыштық суреттерге 20м-ден төмен рұқсатпен суреттер жатады. Өте жоғарғы рұқсаттағы суреттер де бар (КР 2 м-ден төмен).

Төменгі КР әрқашан кемшілік болып саналмайды. Әдетте мұндай жүйелер кең шолу жолымен, үзіліссіз ақпарат жинаумен және аз уақыт циклінде қайта түсіру мүмкіндігімен сипатталады. Төменгі КР ғарыштық суреттер айтарлықтай арзан, сондықтан үлкен аумақты шолуда қолданған жөн (2-сурет).

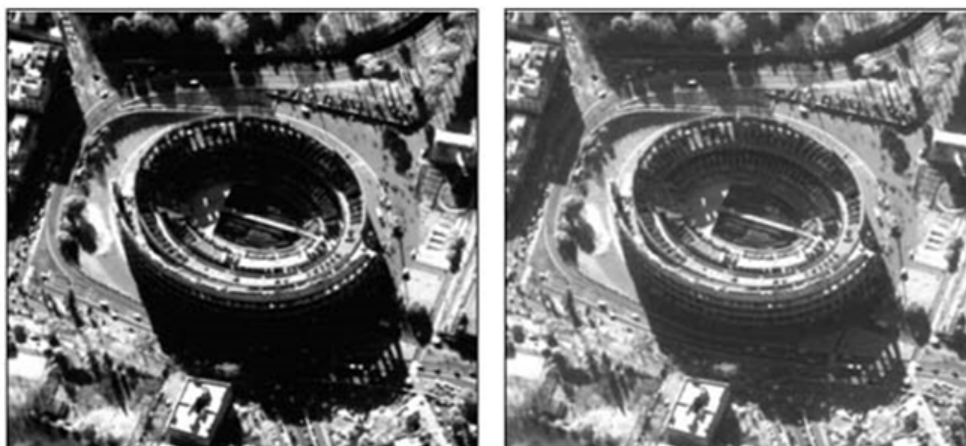
Шолу жолының ені спутниктің биіктігінен және камераның саулесінің қаншалықты аутқуына байланысты болады. Барлау алқабы неғұрлым үлкен болса соғұрлым кеңістікті ажыратымдылық төмен болады [3]. Сандық ғарыштық суреттердің *радиометриялық рұқсаты* қолданылатын датчиктің динамикалық диапазонының енімен анықталады, яғни дискреттенудің дәрежесінің санымен анықталады (3-сурет).

Абсолют қарадан абсолют ақ түске өтуінде. Радиометриялық ажыратымдылық бит санымен көрсетіледі. 8 бит радиометриялық ажыратымдылық жарықтықтың градацияның 256 дәрежесіне сай болып табылады. Элементар объектіні анықтау үшін мынадай жағдай орындалу қажет:

$$I_{об.} S/R^2 > \Delta I, \quad (3)$$



2 – Сурет – Кеңістіктік рұқсатпен алынған сурет



3 – Сурет – Радиометриялық рұқсатпен алынған сурет

мұнда, $I_{об.}$ – объект жарықтығы;
 S – оның аумағы;
 R – кеңістіктік рұқсат;
 ΔI – радиометриялық рұқсат.

Кескіндерді жасаудың электрооптикалық жүйесінің жинақталған моделі 4 суретте көрсетілген. Объект жалпы оптико-механикалық жүйе арқылы немесе оптико-электронды жүйе арқылы сараланады. Сәулеле-

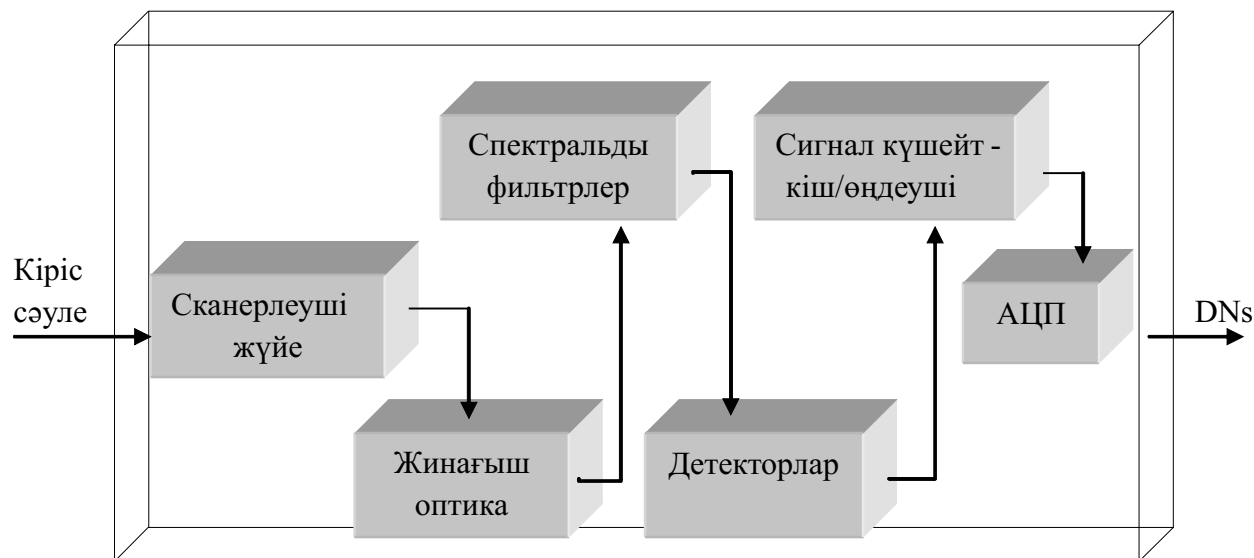
ну МПЗ датчигін құрайтын, жинақтағыш оптика арқылы өтеді. Жалпы датчиктің көру алаңы оптикалық жүйенің сараланатын қозғалысымен құрылады. Содан кейін дисперсиялайтын призмалар, дифракциялық торлар, өң-таңдаушы (дихроичный) айналар немесе фильтрлер көмегімен сәулелену спектральдық құраушыларға бөлшектенеді. Детекторлар жиынтығы дисперсияланған сәулеленуді ұстап алады. Детектор-

лар кеңістікте, сәйкес детекторлар оларды сезімтал болатын толқын ұзындығының диапазондарында ұстап алуға қолайлы етіп орналастырылған [4]. Әр детектор арқылы өтіп жатқан сигналдар күшейтіледі және өңделеді (фильтр арқылы өтеді және/немесе сандық түрге айналады). АЦП-да өңделген сигнал квантталады, нәтижесінде шығысында кескіннің кеңістіктік пикселін көрсететін DN's мәні алынады (4 -сурет)

Қашықтықтан зондтау жүйесіндегі датчиктердің негізгі жұмыс істеу принциптері фотоэлектрлік эффектіге – жарық арқылы заттардан электрондар шығару, негізделген. Ұшып шыққан электрондар детекторда, кейбір сигналдар сияқты өлшенетін электрлік токты тудырады [4]. Негізгі момент мынаған негізделген, туындалған электр тоғының шамасы (уақыт бірлігіндегі фотоэлектрондар саны) жарық қарқынына тура пропорциональ. Сондықтанда, электрлік токтағы өзгеріс санды өлшеу үшін, белгілі бір уақыт аралығында датчиктің жарық сез-

гіш элементіне соқтығысатын, фотондар қарқындылығы, қолданылуы мүмкін.

Негізгі нәтижелер. Бұрын айтылғандай, эксперименттік зерттеулердің негізгі мақсаты жер бетінің ғарыштық суреттерін өңдеу кезінде оптикалық-электронды жүйені қолдану әдістемесін әзірлеу болып табылады. Қашықтықтан зондтау әдетте объектілер туралы деректерді олармен физикалық байланыс орнатпай алу деп аталады. Алайда, бұл анықтама нақтылануы керек. Ең алдымен, ЖҚЗ технологияларын пайдалану кезінде ақпарат техникалық құралдардың көмегімен жиналады. Сонымен қатар, нысандар техникалық құралдардан айтарлықтай қашықтықта орналасқан. Бұл ЖҚЗ-ның медициналық диагностика, әртүрлі материалдық объектілерді бұзбай бақылау және т.б. сияқты контактісіз зерттеудің басқа әдістерінен негізгі айырмашылығы болып табылады, сонымен қатар жерді қашықтықтан зондтау кезінде жанама өлшеу құралдары белсенді қолданылатынын атап өткен жөн [5].



4- Сурет – Кескіндерді жасаудың электрооптикалық жүйесінің негізгі компоненттері

5-суретте KazEOSat-1 спутнигінен (Kazakhstan Earth Observation Satellite-жерді бақылаудың қазақстандық спутнигі) – жоғары ажыратымдылықтағы Жерді қашықтықтан зондтаудың алғашқы қазақстандық спутнигі, “Leostar – 500 XO” спутниктік платформасы негізінде Қазақстан Республикасы Үкіметінің тапсырысы бойынша “Airbus Defence and Space” еуропалық компаниясы жасаған егістік жерлердің оптикалық-электрондық әдістермен алынған суреті ұсынылған [6].



5 – Сурет – KazEOSat-1 спутнигінен алынған суреті

Фото ашық көздерден алынған [5]

Шу қарқындылығын бейнелеу келесі түрде қабылданған. Барлық сыртқы және ішкі шулардың шығу көздері кейбір активті кедергілер түріндегі эквивалентті шу шығару көздерімен алмастырылады. Бізге белгілі, резисторларды қысқан кезде электрондардың хаотикалық жылулық қозғалысының әсерінен, кездейсоқ жағдайда өзгертілетін, потенциалдардың әртүрлілігі туындайды [6,7]. Сондай шудың (оны жылулық деп атайды) орташа қуатын Найквист теоремасы арқылы өрнектеуге болады:

$$V_{cp}^2 = 4RkT\Delta f, \quad (4)$$

Мұнда V_{cp}^2 – R кедергілі резистордың соңына кернеу түсуінің орташа мәні.

k – Больцман тұрақтысы;

T – резистор температурасы;

Δf – шектрінде кернеу флукутациясын өлшенетін, жиілік жолағы.

Сонымен жылулық шудың орташа қуаты былай өрнектеледі:

$$P_{cp} = 4kT\Delta f, \quad (5)$$

Табиғат бақылау спутниктерінен сигнал қабылдағанда ішкі шуылдар бәрінен қатты әсерін тигізеді, және ең алдымен, радиосигналдарды бірінші күшейту каскадтарының шуылы. Сондықтанда кіріс каскадтарында құрылымды сигналдың тасымалдаушы жиілік түрлендіргішін төменірегімен қосраландыратын және сәулеқабылдағыш антеннада біртекті орналасатын, азшулы күшейткішті қолданады. Басқа бірдей жағдайларда сигнал қуаты антеннаның өлшемімен және антенна әрекетінің бағытталған коэффициентімен, шуылдың орташа қуаты – шулы температурамен анықталады. Сигнал қуатының шуылдың орташа қуатына қатынасы (сигнал/шуыл қатынасы) қабылдау сапасының ең негізгі сипаттамасы болып табылады және *антеннаның сапалық коэффициенті* деп аталатын, антенна әрекетінің бағытталған коэффициентімен шуылды температурасының қатынасына тәуелді [8,9].

Алынған деректерді талқылау. Айтарлықтай белгілі және кең таралған жерүсті қабылдау станциясы Унискан кешені болып табылады, сондай-ақ бұл кешен Астана қаласындағы Ғарыштық бақылау орталығында орналасқан. Бұл X-диапазонның (8ГГц)

жерүсті қабылдау станциясы, ЖҚБ поляры-орбитальды спутниктерінен алынған мәліметтерді қабылдау және өңдеуге арналған. Станцияның ең дамыған конфигурациясы қабылдаудың тек максималды темпін шектейтін, 8 Гц диапазонда кез келген форматтағы ақпаратты қабылдауға теоретикалық мүмкіндік беретін, толығымен программаланатын компоненттерден тұрады. Ғарыштық мониторинг орталығында ақпараттар Terra, Aqua, IRS-1C, IRS-1D, Radarsat спутниктерінен қабылданады [9].

Жоғары ажыратымдылықтағы ғарыштық жүйелер көптеген тапсырмаларды орындау кезінде аэротүсірілімді алмастыра алмайды [10]. Олар оны жер шарының орындалуы тиімсіз немесе мүмкін емес аймақтарында толықтыра алады.

Қорытынды. Қорытындылай келе, жер бетінің ғарыштық суреттерін өңдеу үшін оптикалық-электронды жүйені қолдану өте кең қолданылғанын атап өтуге болады, әсіресе екі отандық түсірілім басталғаннан кейін. Жер бетінің ғарыштық суреттерін өңдеу кезінде оптикалық-электронды жүйені қолдану әдістемесін жетілдірудің шұғыл қажеттілігі туындағаны сөзсіз [10]. Кеңістіктік ажыратымдылығы өте жоғары түсіру аппараттарымен техникалық жарақтандыруды жетілдіру нәтижесінде ЖҚЗ әдістерімен алынған суреттерді өңдеу бойынша міндеттер ауқымын кеңейту мүмкіндігі пайда болды.

Әдебиеттер

1. A. Tulegulov, D. Ergaliev, A. Ahmadiya, A. Ongarkizi, N.B. Kapasova The importance of researching the satellites with the purpose of solving problems. Вестник ЕНУ им. Л. Гумилева, 2012. – Специальный выпуск. – С.446-454
2. Добрынин К.Е. Системы дистанционного зондирования Земли. – М.: Изд-во «Знание», 2007.-312 с.
3. Высокоинформативные наземные комплексы и малые станции приема космической информации ДДЗ / В. П. Вальд [и др.] // Современные проблемы информационных технологий и космический мониторинг: труды Междунар. конф. – Новосибирск.: Изд-во СО РАН, 2002.-С. 30-35.
4. А.Д. Тулегулов, Д.С. Ергалиев Спутникалық бейнелердің қалыптасуының электрооптикалық жүйесі. Вестник ЕНУ им Л. Гумилева, 2012. – Специальный выпуск. – С.509-519
5. В.Б. Кашкин Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учеб, пособие / В. Б. Кашкин. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
6. Тулегулов А.Д., Ахмадия А.А., Ергалиев Д.С., Жумабаева А.С., Каппасова Н.Б. Применение геоинформационных технологий для обработки данных ДЗЗ. Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент: 8-я Международная научная конференция, посвященная 40-летию КарГУ имени академика Е.А. Букетова – Караганда, 2012 ., – С.410-415
7. Комплексная технология приема, обработки, архивации и распространения данных космического наблюдения / Г. М. Полищук [и др.] // Современные проблемы информационных технологий и космический мониторинг : труды междунар. конф. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2002. – С. 16.

8. Тулегүлов А.Д., Ергалиев Д.С., Толстойқызы А., Оңғарқызы А., Таңдүрбек Т. Геоинформациялық мәліметтерді өңдеу әдістері. Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент: 8-я Международная научная конференция, посвященная 40-летию КарГУ имени академика Е.А. Букетова – Караганда, 2012 ., – С.438-447

9 .Савиных В. П. Оптико-электронные системы дистанционного зондирования Земли / В. П. Савиных, В. А. Соломатин. – М. : Недра, 1995. – 240 с.

10.Тулегүлов А.Д., Кайрлапов Г.С., Раев М.Ж. Оптикалық ортадағы резонансты қабатты құрылымдардың сызықтық емес режимдегі қасиеттері. Вестник.–Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2015.- Выпуск №4 (107). Часть 1 – С. 183 – 188

References

1. A. Tulegulov, D. Ergaliev, A. Ahmadiya, A.Ongarkizi, N.B. Kapasova The importance of researching the satellites with the purpose of solving problems. Bulletin of L. Gumilyov ENU, 2012. – Special issue. – pp.446-454

2. Dobrynin K.E. Systems of remote sensing of the Earth. – М.: Publishing house «Knowledge», 2007.-312 p.

3. Highly informative ground complexes and small stations for receiving space information / V. P. Wald [et al.] // Modern problems of information technologies and space monitoring: Proceedings of the International Conference – Novosibirsk.: Publishing House of SB RAS, 2002.-pp. 30-35.

4. A.D. Tulegulov, D.S. Ergaliev Sputnikalyk beinelerdin kalyptasuynn electroopticalykh zhuyesi. Bulletin of L. Gumilyov ENU, 2012. – Special issue. – pp.509-519

5. Kashkin, V. B. Remote sensing of the Earth from space. Digital image processing: textbook / V. B. Kashkin. – М.: Logos, 2001. – 264 p.

6. Tulegulov A.D., Akhmadiya A.A., Ergaliev D.S., Zhumabayeva A.S., Kappasova N.B. Application of geoinformation technologies for remote sensing data processing. Chaos and structures in nonlinear systems. Theory and Experiment: 8th International Scientific Conference dedicated to the 40th anniversary of Academician E.A. Buketov KarSU – Karaganda, 2012., – pp.410-415

7. Complex technology of reception, processing, archiving and dissemination of space observation data / G. M. Polishchuk [et al.] // Modern problems of information technologies and space monitoring : Proceedings of the International Conference – Novosibirsk : Publishing House of SB RAS, 2002. – p. 16.

8. Tulegulov A.D., Yergaliev D.S., Tolstoykyzy A., Ongarkyzy A., Tanbek T. Geoinformatialykh malimetterdi ondeu adisteri. Chaos and structures in nonlinear systems. Theory and Experiment: 8th International Scientific Conference dedicated to the 40th anniversary of Academician E.A. Buketov KarSU – Karaganda, 2012. – pp.438-447

9. Savinykh, V. P. Optoelectronic systems of remote sensing of the Earth / V. P. Savinykh, V. A. Solomatin. – М. : Nedra, 1995. – 240 p.

10.Tulegulov A.D., Kairlapov G. S., Raev M. zh. properties of resonant layered structures in optical media in nonlinear mode. Vestnik.- Astana: IM. L. N. Gumileva, 2015. – Vypusk No. 4 (107). Part 1-P. 183 – 188

Авторлар туралы мәліметтер

Түлегүлов Амандос Дабысұлы – физика-математика ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, tad62@ya.ru

Акишев Қаршиға Максұтұлы – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, akmail04cx@mail.ru

Нұрмағамбетов М.Ш. – Ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, профессор, Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, n.mereke1@mail.ru;

Демесінова С.С. – магистр, аға оқытушы, Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Sayle23@mail.ru;

Палымбетов Р.Ш. – магистр, кафедра оқытушысы, Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Ruslan.palimbet@mail.ru

Information about the authors:

Tulegulov A.D – Ph.D. ass. Professor of IT Department, KazUTB, Astana, Kazakhstan, tad62@ya.ru;

Akishev K.M. – Candidate of Technical Sciences as. professor of IT Department, KazUTB, Astana, Kazakhstan, akmail04cx@mail.ru;

Nurmagambetov M. Sh. – Candidate of Agricultural Sciences, Professor of IT Department, KazUTB, Astana, Kazakhstan, n.mereke1@mail.ru;

Demeginova S.S. – Master, senior lecturer of IT Department, KazUTB, Astana, Kazakhstan, Sayle23@mail.ru;

Palymbetov R. Sh/ – Master, Teacher of IT Department, KazUTB, Astana, Kazakhstan, Ruslan.palimbet@mail.ru

МРНТИ 78.15.00; 78.01.21

<https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.18-85>**ПОИСК СЕМАНТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ОБЪЕКТАМИ****А.Т. Мазакова², Ш.А. Джомартова², Т.Ж. Мазаков^{1,2}, Д.К. Мухаев²,
Е.К. Мергенгали²**¹Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, Алматы, Казахстан,²Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан,
jomartova@mail.ru

Проблема аналитической обработки информации из множества информационной систем является одним из важнейших аспектов развития современного общества. В настоящее время решение этой проблемы в области разработки и эксплуатации информационных систем различного назначения (военных, технических, экономических, медицинских, социальных и др.) связано с разработкой различных аналитических продуктов, позволяющих выделять значимую информация для пользователей из множества всевозможных данных. В статье исследована возможность выделения связанной между собой группы лиц из некоторого однородного массива данных на основе применения матричного исчисления.

Разработано программное обеспечение на языке программирования Python. Применены два подхода: 1) основанный на методах матричного исчисления и 2) метод Дейкстры. Эффективность предложенных алгоритмов продемонстрировано на модельных задачах.

Ключевые слова: матрица, поиск информации, семантика, сортировка, Python.

**ОБЪЕКТІЛЕР АРАСЫНДАҒЫ СЕМАНТИКАЛЫҚ
БАЙЛАНЫСТЫ ІЗДЕУ****Ә.Т. Мазақова², Ш.А. Джомартова², Т.Ж. Мазаков^{1,2}, Д.К. Мухаев²,
Е.К. Мергенгали²**¹Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,²әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,
jomartova@mail.ru

Көптеген ақпараттық жүйелерден ақпаратты аналитикалық өңдеу мәселесі қазіргі қоғам дамуының маңызды аспектілерінің бірі болып табылады. Қазіргі уақытта әр түрлі мақсаттағы ақпараттық жүйелерді (әскери, техникалық, экономикалық, медициналық, әлеуметтік және т.б.) әзірлеу және пайдалану саласындағы осы мәселені шешу пайдаланушыларға әр түрлі мәліметтерден маңызды ақпарат бөлуге мүмкіндік беретін әртүрлі аналитикалық өнімдерді әзірлеумен тікелей байланысты. Мақалада матрицалық есептеуді қолдану негізінде біртекті мәліметтер массивінен өзара байланысты адамдар тобын оқшаулау мүмкіндігі зерттелген.

Python бағдарламалау тілінде программалық жасақтама жасалды. Мұнда екі тәсіл қолданылады: 1) матрицалық есептеу әдістеріне негізделген тәсіл және 2) Дайкстра әдісі. Ұсынылған алгоритмдердің тиімділігі модельдік есептерде көрсетілген.

Түйін сөздер: матрица, ақпаратты іздеу, семантика, сұрыптау, Python.

FINDING THE SEMANTIC CONNECTION BETWEEN OBJECTS

**A.T. Mazakova², Sh.A. Jomartova², T.Zh. Mazakov^{1,2}, D.K. Mukhayev²,
Ye.K. Mergengali²**

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

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,
jomartova@mail.ru

The problem of analytical processing of information from multiple information systems is one of the most important aspects of the development of modern society. Currently, the solution to this problem in the development and operation of information systems for various purposes (military, technical, economic, medical, social, etc.) is associated with the development of various analytical products that allow to allocate meaningful information for users from the set of all kinds of data. This article explores the possibility of selecting a related group of individuals from a homogeneous data set by applying matrix calculus.

Developed software in the Python programming language. Two approaches were used: 1) based on the methods of matrix calculus and 2) the Dijkstra method. The effectiveness of the proposed algorithms is demonstrated on model problems.

Keywords: matrix, information retrieval, semantics, sorting, Python.

Введение. Интенсивное развитие сетевых технологий в современных процессах информатизации привело к стремительному росту информационных сетей и расширению их функциональных возможностей. Наглядным примером может служить распространение глобальной сети INTERNET, успешно преодолевающей межгосударственные и иные границы. Абонентами сети стали специалисты самых различных профессий. С целью удовлетворения своих информационных потребностей они могут обращаться к различным базам данных, независимо от их местонахождения. Если еще недавно пользователи имели дело с базами данных, в состав которых входили десятки, сотни тысяч записей, то в условиях глобаль-

ных сетей это число возросло на несколько порядков. Это обстоятельство ставит перед проектировщиками современных автоматизированных систем документального поиска (АСДП) ряд новых проблем, решение которых возможно лишь путем разработки принципиально новых методов и средств информационного поиска работ [1-2].

Материалы и методы. В работах [3-5] рассматривается широкий спектр вопросов, связанных с методологией, организацией и технологиями информационно-аналитической работы. Показаны возможности использования аналитического инструментария для исследования социально-политических и экономических процессов, прогнозирования и организации эффектив-

ного функционирования и развития систем управления предприятиями и учреждениями, совершенствования процессов принятия управленческих решений. На уровне «живого знания» в широком культурно-историческом контексте раскрывается сущность интеллектуальных технологий, приемов прикладной аналитической работы. Представлена характеристика зарубежных и отечественных аналитических центров.

В работах [6-8] представлены описания различных аналитических инструментов, которые позволяют решать задачи извлечения, очистки, анализа, моделирования и визуализации данных, прогнозирования событий и создания систем отчетности.

Вопросам добывания, сбора, учета, систематизации, анализа и обобщения, а также описанию методов аналитических исследований посвящены следующие работы [9-12].

Несмотря на то, что использование различных аналитических программных продуктов в настоящее время приобретает все большую популярность, необходимы новые алгоритмы, методы и средства получения дополнительной информации.

Целью представленной работы является

разработка алгоритма выделения группы лиц, объединенных определенными признаками из больших баз данных и его программная реализация.

Результаты и обсуждение. В работе [3] показано соотношение между информационной и аналитической работой. Поскольку грань между этими понятиями размыта, информационно-аналитическая деятельность воспринимается как единое целое, хотя на самом деле есть существенная разница (Рис. 1). Как правило, затруднений в этом информационном обеспечении значительно меньше, чем на этапе собственно аналитической обработки информации. Каждый сотрудник аналитического подразделения умеет собирать (добывать) информацию, вести её первичную обработку – систематизацию, классификацию, организовать хранение.

Сложности начинаются тогда, когда нужно из этой информации получить новые знания, принять эффективное управленческое решение, написать аналитический документ. Для этого нужны соответствующие навыки аналитической обработки информации, включая новые программно-аналитические инструментари.



Рис. 1- Соотношение между информационной и аналитической работой [3].

Для разработки программно-аналитических средств применяются различные математические модели. Научных исследования в данной работе основаны на применении теории графов и методов вычислений [13-15].

Входные и выходные данные организованы в виде отдельных файлов и содержат информацию одного из перечисленных ниже типов:

- параметрические данные;
- исходные данные, представленные в файле в заданном формате;
- результативный файл, содержащий результаты численных расчетов;

Для представления исходных объектов используется следующий формат исходных данных. В исходный файл построчно записывается следующая информация: 1) имя первого объекта, 2) имя второго объекта и 3) уточняющая информация. Все поля разделяются символами табуляции.

Из исходной информация об объектах исследования формируется список объектов

V представленный в виде N -мерного вектора. Длина вектора N зависит от исходных данных и автоматически формируется в процессе считывания данных из исходного файла.

Далее формируется матрица связей A размерности $N * N$. Вначале матрица A обнуляется. Далее построчно просматривается исходная матрица. Элементу $A[i,j]$ присваивается значение равное 1, если первый объект строки совпадает с $V[i]$ и второй объект строки совпадает с $V[j]$.

Для выявления связей между объектами применены два подхода: 1) на основе матричного исчисления и 2) на основе метода Дейкстры.

При вызове программы появляется заставка, в которой представлена организационно-разработчик и название программы.

Далее после выбора режима «Расчет» появляется следующая форма для ввода параметрической информации (Рис. 2).

The image shows a screenshot of a software application window. The title bar reads "Казакский Национальный Университет имени аль-Фараби". The main area of the window contains two input fields. The first field is labeled "Введите название файла" and contains the text "avia". The second field is labeled "Введите количество итераций" and contains the number "4". Below these fields are two buttons: "Рассчитать в файл" and "Выход".

Рис. 2- Форма ввода параметрических данных

В форме ввода необходимо заполнить имя исходного файла (без указания расширения txt). Также надо указать максимальное количество итераций-уровней вложенностей при поиске зависимостей между объектами. По умолчанию равно 3.

Далее появляется всплывающее окошко (Рис. 3), который позволяет вывести в результирующий файл содержимое исходного файла.

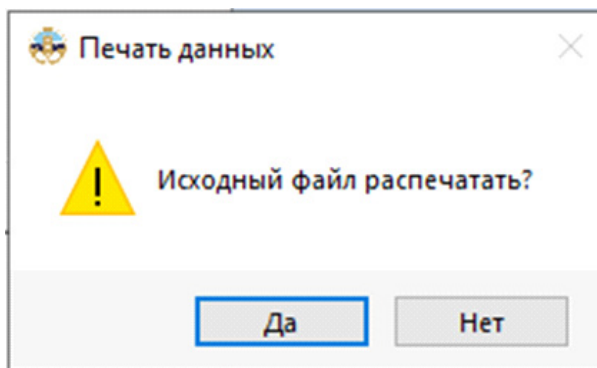


Рис. 3- Окошко выбора режима печати исходной информации

Окошко, представленное на рисунке 4, свидетельствует о нормальном завершении текущего расчета.

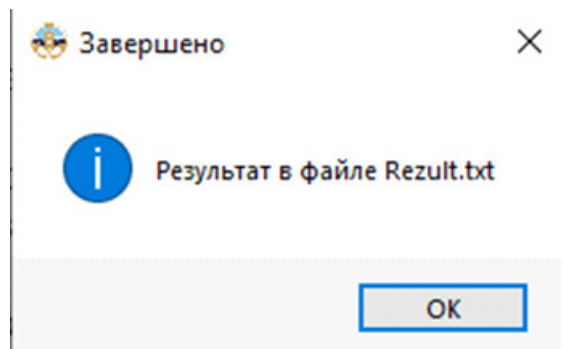


Рис. 4- Окошко сигнализации о завершении расчета

Далее появляется окно, представленное на рисунке 2, для выбора продолжения: вы-

полнение нового расчета или выхода из программы.

В результирующий файл записываются численные расчеты о взаимосвязанности объектов.

Ниже представлены результаты нахождения связей между объектами различной природы двумя программами.

1) определение группы лиц, связанных между собой телефонными переговорами, матричным методом

Программа нахождения семантических связей между объектами матричным методом:

имя программы – Semantic.exe
язык разработки – Python

Python Дата 21/2/2023 Время 12:5

Список объектов

- А
- Б
- В
- Г
- Д
- Е

Исходные данные из файла a2.txt

Количество данных = 4

- А – Б – Прим1
- Б – В – Прим2
- В – Г – Прим3
- Д – Е – Прим4

Количество итераций = 3

Матрица связей

Строка 1	0	1	0	0	0	0
Строка 2	1	0	1	0	0	0
Строка 3	0	1	0	1	0	0
Строка 4	0	0	1	0	0	0
Строка 5	0	0	0	0	0	1
Строка 6	0	0	0	0	1	0

Результативная матрица связей

Строка 1	0	2	1	1	0	0
Строка 2	1	0	2	1	0	0
Строка 3	1	2	0	1	0	0

Строка 4 1 1 2 0 0 0
 Строка 5 0 0 0 0 0 1
 Строка 6 0 0 0 0 1 0

Результаты определения связей между объектами

Объект А связан:

Б
 В
 Г

Объект Б связан:

А
 В
 Г

Объект В связан:

А
 Б
 Г

Объект Г связан:

А
 Б
 В

Объект Д связан:

Е

Объект Е связан:

Д

2) определение возможности вылета из одного аэропорта в другие.

Программа нахождения семантических связей между объектами методом Дейкстры:

имя программы – SemDeik.exe

язык разработки – Python

Python Дата 26/2/2023 Время 12:5

Список объектов

Алматы
 Англия
 Астана
 Бишкек
 Москва
 Ташкент
 Томск

Матрица связей

Строка 1 0 0 1 0 0 0 0

Строка 2 0 0 1 0 0 0 0

Строка 3 1 1 0 0 0 0 1

Строка 4 0 0 0 0 1 0 0

Строка 5 0 0 0 1 0 1 0

Строка 6 0 0 0 0 1 0 0

Строка 7 0 0 1 0 0 0 0

Результаты определения связей между объектами

Объект Алматы связан с:

Англия. Вес = 2
 Астана. Вес = 1
 Томск. Вес = 2

Объект Англия связан с:

Алматы. Вес = 2
 Астана. Вес = 1
 Томск. Вес = 2

Объект Астана связан с:

Алматы. Вес = 1
 Англия. Вес = 1
 Томск. Вес = 1

Объект Бишкек связан с:

Москва. Вес = 1
 Ташкент. Вес = 2

Объект Москва связан с:

Бишкек. Вес = 1
 Ташкент. Вес = 1

Объект Ташкент связан с:

Бишкек. Вес = 2
 Москва. Вес = 1

Объект Томск связан с:

Алматы. Вес = 2
 Англия. Вес = 2
 Астана. Вес = 1

Выводы. На основе системы программирования Python разработаны два аналитических приложения, позволяющие выявлять семантические связи между объектами.

На модельной задаче «определения группы лиц, связанных между собой телефонными переговорами, матричным методом» продемонстрирована работа про-

граммы выделения связей между лицами. На примере видно, что объект «А» связан с объектом «Б» напрямую, с объектом «В» через объект «Б» и с объектом «Г» через объекты «б» и «в». Со следующими объектами «Д» и «Е» объект «А» не связан.

На модельной задаче *«определение возможности вылета из одного аэропорта в другие»* продемонстрирована работа программы, основанная на методе Дейкстры, выделения связей между аэропортами. В отличие от предыдущего примера, здесь дополнительно выводится вес связи. Так например, из «Алматы» можно напрямую вылететь из «Астаны». Из «Алматы» в «Ан-

глию» и «Томск» через одну пересадку.

Эффективность предложенных программ продемонстрирована на двух примерах.

В дальнейшем полученные программы могут быть использованы для изучения связей между объектами других социально-экономических систем.

Работа выполнена за счет средств программно-целевого финансирования научных исследований на 2023-2025 годы по проекту ИРН AP19676966 «Разработка программно-аппаратного комплекса психофизиологического отбора и реабилитации снайперов».

Литература

1. Зупарова Л.Б., Зайцева Т.А. Аналитико-синтетическая переработка информации. – М.: Изд-во «ФАИР», 2008. – 400 с.
2. Демидов А.А., Захаров Ю.Н. Информационно-аналитические системы поддержки принятия решений в органах государственной власти и местного самоуправления. Основы проектирования и внедрения. – СПб.: НИУ ИТМО, 2012. – 100 с.
3. Курносков Ю.В. Алгебра аналитики. Секреты мастерства в аналитической работе. – М.: Изд-во «Русская аналитическая школа», 2015. – 387 с.
4. Курносков Ю.В. Азбука аналитики. – М.: Изд-во «Русская аналитическая школа», 2013. – 280 с.
5. Курносков Ю.В. Аналитика как интеллектуальное оружие. – М.: Изд-во «Русская аналитическая школа», 2012. – 1200 с.
6. Белов В.С. Информационно-аналитические системы. – М.: Московский гос. университет экономики, статистики и информатики, 2004. -116 с.
7. Калачев Г.А., Стасюк О.Н. Информационно-аналитические системы. – Омск: Изд-во СибаДИ, 2010. – 101 с.
8. Курносков Ю.В., Конотопов П.Ю. Аналитика: методология, технология и организация информационно-аналитической работы. – М.: РУСАКИ, 2004. – 512 с.
9. Левкин И.М., Микадзе С.Ю. Добывание и обработка информации в деловой разведки. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 460 с.
10. Филиппов В.А. Интеллектуальный анализ данных. Методы и средства. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 52 с.
11. Кузнецов И.Н. Учебник по информационно-аналитической работе. Информация: сбор, защита, анализ. – М.: Яуза, 2001. – 320 с.
12. Пилко И.С. (науч. редактор). Методы информационно-аналитической. – Кемерово: КемГУКИ, 2010. – 228 с.

13. Кремер Н.Ш., Фридман М.Н., Тришин И.М. Линейная алгебра. – М.: Юрайт, 2022. – 423 с.
14. Алексеев В.Е., Таланов В.А. Графы и алгоритмы, Структуры данных, Модели вычислений. – М.: Бинوم, 2012. – 320 с.
15. Касьянов В.Н., Евстигнеев В.А. Графы в программировании. Обработка, визуализация и применение. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 1104 с.

References

1. Zuparova L.B., Zaitseva T.A. Analytic and synthetic processing of information. – M.: FAIR Publishing House, 2008. – 400 p.
2. Demidov A.A., Zakharov Y.N. Information and analytical systems to support decision-making in public authorities and local self-government. Fundamentals of design and implementation. – SPb.: NRU ITMO, 2012. – 100 p.
3. Kurnosov Y.V. Algebra of Analytics. Secrets of mastery in analytical work. – M.: Russian Analytical School Publishing House, 2015. – 387 p.
4. Kurnosov Y.V. The ABC of Analytics. – M.: Russian Analytical School Publishing House, 2013. – 280 p.
5. Kurnosov Yu.V. Analytics as an Intellectual Weapon. – M.: Russian Analytical School Publishing House, 2012. – 1200 p.
6. Belov V.S. Information and analytical systems. – M.: Moscow State University of Economics, Statistics and Informatics, 2004. – 116 p.
7. Kalachev G.A., Stasiuk O.N. Information and analytical systems. – Omsk: SibADI Publishing House, 2010. – 101 p.
8. Kurnosov Y.V., Konotopov P.Y. Analitika: methodology, technology and organization of information-analytical work. – M.: RUSAKY, 2004. – 512 p.
9. Levkin I.M., Mikadze S.Y. Information extraction and processing in business intelligence. – SPb.: ITMO University, 2015. – 460 p.
10. Filippov V.A. Intelligent Data Analysis. Methods and Means. – M.: Editorial URSS, 2001. – 52 p.
11. Kuznetsov I.N. Textbook on information-analytical work. Information: collection, protection, analysis. – M.: Yauza, 2001. – 320 p.
12. Pilko I.S. (scientific editor). Methods of information-analytical. – Kemerovo: KemGUKI, 2010. – 228 p.
13. Kremer N.Sh., Friedman M.N., Trishin I.M. Linear algebra. – M.: Yurite, 2022. – 423 p.
14. Alexeev V.E., Talanov V.A. Graphs and algorithms, Data structures, Computation models. – M.: Binom, 2012. – 320 p.
15. Kasyanov V.N., Evstigneev V.A. Graphs in Programming. Processing, visualization and application. – SPb.: BXV-Peterburg, 2003. – 1104 p.

Сведения об авторах

Мазакова Айгерим Талгатовна – докторант НАО Казахского национального университета имени аль-Фараби, aigerym97@mail.ru;

Джомартова Шолпан Абдрақовна – доктор технических наук, доцент НАО Казахского национального университета имени аль-Фараби, jomartova@mail.ru;

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

Мухаев Дарын Какенулы – докторант НАО КазНУ имени аль-Фараби; daryn.mukhayev@gmail.com

Мергенгали Естай Куанышулы – докторант НАО КазНУ имени аль-Фараби; estony.9999@gmail.com

Information about the authors

Aigerim Mazakova – doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; aigerym97@mail.ru;

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

Talgat Mazakov – 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; tmazakov@mail.ru;

Daryn Mukhayev – doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; daryn.mukhayev@gmail.com;

Yestay Mergengali – doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; estony.9999@gmail.com

МРНТИ 61.15.13

<https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.18-66>

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ ЖЕЛЕЗА ИЗ НЕФТИ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ РЕАГЕНТАМИ

**Омаров Х.Б.¹, Нұртай Ж.Т.¹, Ордабаев К.А.¹, Абсат З.Б.², Жунусова Э.Б.¹,
Жумабекова А.К.¹**

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

²Карагандинский университет им. Е.А.Букетова, г. Караганда, Казахстан,

homarov1963@mail.ru

В статье представлены результаты исследования очистки нефти, поступающей на Атырауский нефтеперерабатывающий завод, от железа методом экстракции. В качестве экстрагентов использованы полифункциональные реагенты 1 и 2. Определение содержания железа в нефти до и после экстракции, а также в рабочем растворе-экстракте проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой и атомно-эмиссионным спектральным анализом (многоканальный анализатор МАЭС с испарением в дуговом разряде). Установлено нестабильное содержание железа на различных стадиях (точках отбора пробы) технологического процесса нефтеподготовки. Определена высокая эффективность поглощения полифункциональным реагентом-2 железа из нефти (более 85%). Концентрированный по железу рабочий раствор-экстракт представляет собой потенциальное металлсодержащее сырье.

Ключевые слова: нефть, железо, полифункциональные реагенты, экстракция, атомно-эмиссионная спектроскопия, железосодержащий раствор.

МҰНАЙДАН ТЕМІРДІ КӨП ФУНКЦИЯЛЫ РЕАГЕНТТЕРМЕН ЭКСТРАКЦИЯ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ

**Омаров Х.Б.¹, Нұртай Ж.Т.¹, Ордабаев Қ.А.¹, Әбсат З.Б.², Жүнісова Э.Б.¹,
Жұмабекова А.Қ.¹**

¹Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,

²Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан,

homarov1963@mail.ru

Мақалада, Атырау мұнай өңдеу зауытына жеткізілетін мұнайды темірден экстракция арқылы тазартуды зерттеу нәтижелері берілген. Экстрагент ретінде көп функциялы 1 және 2 реагенттер пайдаланылды. Экстракцияға дейін және одан кейінгі мұнайдағы, сондай-ақ жұмыс ерітіндісі-сығындысындағы темірдің құрамын анықтау индуктивті байланысқан плазма және атомдық эмиссиялық спектрлік (доғалық разрядта булануы бар МАЕС көп арналы анализаторы) талдауы бар атомдық эмиссиялық спектроскопия арқылы жүзеге асырылды. Мұнай өңдеу процесінің әртүрлі кезеңдерінде (сынама алу нүктелерінде) темірдің тұрақсыз мөлшерлері анықталды. Көпфункционалды реагент-2 мұнайдан темірді сіңірудің жоғары тиімділігін (85%-дан астам) көрсетті. Темір-концентрлі жұмыс ерітіндісі-экстракт құрамында металл бар әлеуетті шикізат болып табылады.

Түйінді сөздер: мұнай, темір, көп функциялы реагенттер, экстракция, атомдық эмиссиялық спектрометрия, құрамында темір бар ерітінді.

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF IRON EXTRACTION FROM OIL BY POLYFUNCTIONAL REAGENTS

Omarov Kh.B.¹, Nurtai Zh.T.¹, Ordabaev K.A.¹, Absat Z.B.², Zhunussova E.B.¹, Zhumabekova A.K.¹

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

²Karaganda University named after E.A.Buketova, Karaganda, Kazakhstan,

homarov1963@mail.ru

The article presents the results of a study of the purification of oil supplied to the Atyrau refinery from iron by extraction. Polyfunctional reagents 1 and 2 were used as extractants. Determination of the iron content in oil before and after extraction, as well as in the working solution-extract, was carried out by atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma and atomic emission spectral analysis (MAES multichannel analyzer with evaporation in an arc discharge). An unstable iron content was found at various stages (sampling points) of the oil treatment process. The high efficiency of absorption of iron from oil by the polyfunctional reagent-2 (more than 85%) was determined. The iron-concentrated working solution-extract is a potential metal-containing raw material.

Keywords: oil, iron, polyfunctional reagents, extraction, atomic emission spectrometry, iron-containing solution.

Введение. Среди, обнаруженных в золе нефти металлов (Fe, Mn, Cr, Co, Ni, V, Mo, Cu, Zn, Pb, Hg, Sn и др.), V и Ni в некоторых видах тяжелой нефти имеют концентрации, достаточные для их промышленного извлечения. Однако установлено, что металлы являются нежелательными примесями поскольку отрицательно влияют на процессы каталитического крекинга нефти и на качество нефтепродуктов, значительно снижая сроки эксплуатации применяемых катализаторов [1]. Поэтому предварительное извлечение металлов на стадии подготовки нефти до переработки является актуальной проблемой.

Металлы в нефти в основном присутствуют в виде порфириновых комплексов [2,3]. Для их отделения от нефти применяют

процесс экстракции с использованием растворителей, в основном, полярных, таких как, этанол, ацетон, ацетонитрил, метанол, пиридин, диметилформамид, уксусная кислота. Эффективность применения каждого из экстрагентов зависит как от качества нефти, так и от условий процесса экстракции. В некоторых случаях, процесс экстракции проводится в несколько стадий, с применением на отдельных этапах различных растворителей [4].

Если формы присутствия и методы извлечения таких металлов как V и Ni достаточно изучены и сами металлы вовлечены в металлургический передел [5-7], то другие более 60 элементов требуют тщательного научного анализа. Т.е. металлсодержащие растворы, образующиеся на стадии деме-

таллизации нефти требуют всестороннего изучения на предмет отдельной переработки с целью извлечения металлов.

Основная часть сырой нефти бассейна Мангышлак, представляет собой сланцевую нефть или смесь сланцевых и “классических” нефтяных месторождений. Она имеет одну из самых высоких показателей содержания железа в мире и направляется на Атырауский НПЗ. Предварительная очистка нефти от металлов проводится на экстракционных установках ЭЛОУ АТ-2.

Поэтому в данной работе нами исследованы процессы извлечения железа из нефти с применением полифункциональных реагентов.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования, исходного сырья, выбрана нефть, поступающая на Атырауский нефтеперерабатывающий завод (АНПЗ). Процесс экстракции проводился в центробежных экстракторах двумя видами полифункциональных реагентов-экстрагентов:

Полифункциональный реагент-1 (органический растворитель-минеральная кислота-комплексон-L) и Полифункциональный реагент-2 (органический растворитель-минеральная кислота-комплексон-T).

Количественное определение железа в нефти проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (4210 MP-AES), а также атомно-эмиссионным спектральным анализом (многоканальный анализатор МАЭС с испарением в дуговом разряде) [8,9]. Подготовка пробы для анализа проводилось обезвоживанием рабочего раствора на водяной бане до постоянного веса. Остаток жидкости после обезвоживания подвергался обжигу при 400°C до постоянного веса. Образовавшаяся нефтяная зола анализировалась на содержание железа

В таблице 1 приведены условия химической обработки нефти Атырауского нефтеперерабатывающего завода.

Таблица 1

Химическая обработка нефти АНПЗ

Классификация обработки	Диапазон дозировок, мг/кг	Диапазон дозировок, л/ч
Полифункциональный реагент-1	7 – 15	2,0 – 4,2
Полифункциональный реагент-2	15 – 25	4,2 – 7,0

Результаты и обсуждение. Содержание железа может достигать 25 г/т, в то время как в ходе лабораторных испытаний оно достигло максимум 15 г/т (таблица 2), т.е. концентрация железа в нефти сильно изменяет-

ся со временем (отбор проб был произведен в августе 2022 года).

По результатам анализа нефти наблюдается нестабильное содержание железа в исходном сырье.

Таблица 2

Содержание железа в исходном сырье

Проба нефти	Содержание Fe, г/т
Нефть из точки отбора проба 1 (вход нефти, перед резервуарами)	11,72
Нефть из точки отбора проба 10/6 (вход на ЭЛОУ АТ-2)	8,1
Нефть из точки отбора проба 10/6 (вход на ЭЛОУ АТ-2)	11,45
Нефть из точки отбора проба 10/6 (вход на ЭЛОУ АТ-2)	4,64
Нефть из точки отбора проба 10/6 (вход на ЭЛОУ АТ-2)	4,29
Нефть из точки отбора проба 10/6 (вход на ЭЛОУ АТ-2)	9,18
Нефть из отстойного резервуара 53 (вход на ЭЛОУ АТ-2)	15,00
94% нефть из точки отбора 10/6 + 6% отстойного резервуара 53	10,2

В таблице 3 представлены результаты извлечения железа из нефти, отобранной из насоса 10/6 АНПЗ, согласно которым реагент-2 показал более высокие поглотитель-

ные свойства к железу по сравнению с реагентом-1, при этом степень удаления железа превышает 85%.

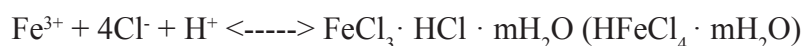
Таблица 3

Эффективность очистки нефти от железа

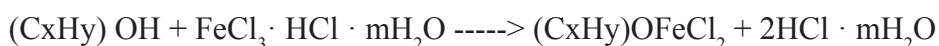
Проба	Экстрагент	Дозировка экстрагента, г/т	Содержание Fe, г/т		Степень извлечения Fe, %
			До экстракции	После экстракции	
Нефть из насоса 10/6	Реагент-1	5	8,10	3,36	58,5
		10		2,91	64,1
		15		2,91	64,1
		20		2,90	64,2
	Реагент-2	5	8,10	1,91	76,4
		10		1,21	85,1
		15		0,87	89,3
		20		0,86	89,2

Химизм процессов экстракции основывается на активном воздействии минеральной кислоты на металлсодержащие соеди-

нения нефти, результатом которой является переход ионов (Fe³⁺) в водно-органическую фазу:



Процесс экстракции проходит тем легче, чем более устойчив хлорид в водно-органическом растворе.



где, растворитель является основанием, а большое влияние на экстракционное равновесие оказывает концентрация хлорид-ионов или соляной кислоты.

Роль комплексонов состоит в их способности образовывать устойчивые растворимые в воде комплексы с железом (III), для предотвращения осадкообразования.

Для каждого анализа отбиралось 100 мл рабочего раствора (экстракта), масса которой составляла 109,2619 г. (плотность 1,0930 г/см³). После выпаривания на водяной бане образуется парафинистый желтоватого цвета осадок массой 19,6698 г (18% от исходной массы рабочего раствора). В бензоле данный осадок не растворяется

Проба полученного осадка, массой 9,016 г подвергалась обжигу при 400^oC, образовавшаяся при этом нефтяная зола серого цвета с массой 4,4110 г (48,93% от исходного осадка и 8,8% от массы взятого рабочего раствора) подвергалась атомно-эмиссионной спектрометрии. Результаты спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и с испарением в дуговом разряде имеют практически одинаковые показатели. Усредненный результат анализов на железо составил 200,0 г/т в форме Fe₂O₃.

Изучение технических документов АНПЗ об опытном применении зарубежных поли-

функциональных реагентов в процессе деме-таллизации показало, что в зависимости от места отбора проб степень очистки нефти от железа варьируется от 50% до 89%. Т.е. исследуемый нами полифункциональный реагент-2 удаления железа из нефти по эффективности не уступает зарубежным.

Выводы. Сравнительный анализ результатов исследования двух полифункциональных реагентов в качестве экстрагентов, показал, что реагент-2 имеет более высокую поглотительную способность к железу. Показатели экстракции железа (до 89%) в водно-органический раствор не уступают по эффективности зарубежным химреагентам. Извлечение такого значительного количества железа из нефти, минимизирует его накопление в циркуляционном режиме, что исключает попадание его больших количеств на катализаторы нефтепереработки. В результате процесса деме-таллизации нефти реагентом-2 происходит концентрирование содержания железа в рабочем растворе-экстракте более чем в 20 раз. Такой рабочий раствор представляет научно-практическую ценность с точки зрения потенциального железосодержащего сырья.

Литература

1. Отеули Ш.А., Нуржанова С.Б., Онгарбаев Е.К., Суюндикова Ф.О. Нанокompозит для деме-таллизации тяжелого углеводородного сырья // Нефть и газ. 2019. -№3 (11). -С. 113-120.
2. Надиров Н.К., Кошева А.В., Камьянов В.Ф. и др. Новые нефти Казахстана и их использование. – Алма-Ата: Наука, 1984. – 448 с.
3. Абызгильдин Ю.Н., Михайлюк Ю.Н., Яруллин К.С., Ростовская А.А. Порфирины и металлопорфириновые комплексы нефтей. – М.: Наука, 1977. – 88с.
4. Kurbanova A.N., Akhmetov N.K., Yeshmurotov A., Zulkharnay R.N., Sugurbekov Y.T., Demeuova G., Baisariyev B., Sugurbekova G.K. Removal of nickel and vanadium from crude oil by using solvent extraction and electrochemical process // Physical Sciences and Technology. 2017. -V.4 (1). – P. 74-80.

5. Ахмеджанов Т.К., Нуранбаева Б.М., Молдабаева Г.Ж. Инновационный способ извлечения ванадия из нефти и нефтепродуктов // Научно-техническое обеспечение горного производства. – Алматы, 2011. Т. 80. – С. 185-189.

6. Пунанова С.А. Особенности накопления в нафтидах ванадия и никеля // Актуальные проблемы нефти и газа. 2018. – Вып.3 (22). -С. 1-13.

7. Милордов Д.В., Якубов М.Р., Якубова С.Г., Романов Г.В. Экстракция порфиринов кислотами из смол и асфальтенов нефти с повышенным содержанием ванадия // Материалы VIII Международной конференции «Химия нефти и газа». – Томск, 2012. – С. 521-523.

8. ГОСТ 34242-2017. Нефть и нефтепродукты. Определение никеля, ванадия и железа методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой. – М.: Стандартинформ, 2017.

9. Худашова А.И., Пуляев Н.Н., Пильщиков В.Л. К вопросу определения содержания металлов в нефтепродуктах // Наука без границ. 2020. -№3(43). – С. 76-81.

References

1. Oteuli Sh.A., Nurzhanova S.B., Ongarbayev E.K., Suyndikova F.O. Nanocomposit dly demetallizazii tyazhelogo uglevodorodnogo syrya // Neft i gaz. 2019. -№3 (11). -S. 113-120.

2. Nadirov N.K., Kosheva A.B., Kamyranov V.F. i dr. Novye nefiti Kazakhstana i ikh ispolzovanie. – Alma-Ata: Nauka, 1984. – 448 s.

3. Abyzgildin Yu.N., Mikhailyuk Yu.N., Yarullin K.S., Rostovskaya A.A. Porfiriny i metalloporfirinovye komplekсы neftei. – М.: Nauka, 1977. – 88 s.

4. Kurbanova A.N., Akhmetov N.K., Yeshmuratov A., Zulkharnay R.N., Sugurbekov Y.T., Demeuova G., Baisariyev B., Sugurbekova G.K. Removal of nickel and vanadium from crude oil by using solvent extraction and electrochemical process // Physical Sciences and Technology. 2017. -V.4 (1). – P. 74-80.

5. Akhmedzhanov T.K., Nuranbaeva B.M., Moldabaeva G.Zh. Innovacionnyi sposob izvletheniya vanadiya iz nefiti i nefteproductov // Naughtno-tekhnitheskoe obespehtenie gornogo proizvodstva. – Almaty, 2011. T. 80. – S. 185-189.

6. Punanova S.A. Osobennosti nacopleniya v naftidakh vanadiya i nicelya // Actualnye problem nefiti i gaza. 2018. – Vyp.3 (22). -С. 1-13.

7. Milordov D.V., Yakubov M.R., Yakubova S.G., Romanov G.V. Ekstrakciya porfirinov kislotami iz smol i asfaltenov nefiti s povyshennym soderzhaniem vanadiya // Materialy VIII Mezhdunarodnoi konferencii «Khimiya nefiti i gaza». – Tomsk, 2012. – S. 521-523.

8. GOST 34242-2017. Neft i nefteproducty. Opredelenie nicelya, vanadiya i zheleza metodom atomno-emissionnoi spectrometrii s inductivno svyazannoi plazmoi. – М.: Standartinform, 2017.

9. Khudashova A.I., Pulyaev N.N., Pilschicov V.L. K voprosu opredeleniya soderzhaniya metallov v nefteproductakh // Nauka bez granic. 2020. – № 3 (43). – S. 76-81.

Сведения об авторах

Омаров Х.Б. – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры химии, химической технологии и экологии Казахского университета технологии и бизнеса, Республика Казахстан, г. Астана, e-mail: homarov1963@mail.ru

Нұртай Жадыра Тастенбековна – доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры химии, химической технологии и экологии Казахского университета технологии и бизнеса, Республика Казахстан, г. Астана, e-mail: zhadira_nurtai@mail.ru

Ордабаев Канат Апрельевич – магистрант кафедры химии, химической технологии и экологии Казахского университета технологии и бизнеса, Республика Казахстан, г. Астана, e-mail: kanat277@gmail.com

Абсат Зауре Бакеевна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры химической технологии и нефтехимии Карагандинского университета имени Е.А.Букетова, Республика Казахстан, г. Караганда, e-mail: zaure.absat.76@mail.ru

Жунусова Эльвира Бактыгалиевна – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры химии, химической технологии и экологии Казахского университета технологии и бизнеса, Республика Казахстан, г. Астана, e-mail: tahmina.66@mail.ru

Жумабекова Арай Керимакыновна – кандидат химических наук, ассоциированный профессор кафедры химии, химической технологии и экологии Казахского университета технологии и бизнеса, Республика Казахстан, г. Астана, e-mail: zhumabekova_ak@mail.ru

Information about authors

Omarov Khylysh Beisenovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Kazakh University of Technology and Business, Republic of Kazakhstan, Astana, e-mail: homarov1963@mail.ru

Nurtai Zhadyra Tastenbekovna – PhD, Associate Professor of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Kazakh University of Technology and Business, Republic of Kazakhstan, Astana, e-mail: zhadira_nurtai@mail.ru

Ordabaev Kanat Aprelievich – undergraduate of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Kazakh University of Technology and Business, Republic of Kazakhstan, Astana, e-mail: kanat277@gmail.com

Absat Zaure Bakeevna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Chemical Technology and Petrochemistry of Karaganda University named after E.A. Buketov, Republic of Kazakhstan, Karaganda, e-mail: zaure.absat.76@mail.ru

Zhunussova Elvira Baktygalievna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Kazakh University of Technology and Business, Astana, e-mail: tahmina.66@mail.ru

Zhumabekova Arai Kerimakynovna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Kazakh University of Technology and Business, Republic of Kazakhstan, Astana, e-mail: zhumabekova_ak@mail.ru

Производственные и обрабатывающие отрасли

IRSTI 65.09.05

<https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.18-67>**JUSTIFICATION OF INTRODUCING MALTODEXTRIN INTO CURD DESSERT****A.A. Bekturganova^{ID}, M.Ch. Tultabaev^{ID}, A. M. Omaraliyeva^{ID},
A. Zh. Khastayeva^{ID}, Zh.Ye. Safuani^{ID}**Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,
1968all@mail.ru

Currently, interest in fortified foods for mass nutrition is steadily growing. Therefore, there was a need to create complex products that provide the body with the necessary nutrients and biologically active components, along with having physiological properties, taking into account the specifics of the needs of the body and based on the principles of adequacy. The article confirms the expediency of use in the composition of formulations and establishes the rational proportion of its introduction.

Key words: maltodextrin, technology, functional fermented milk products.

ОБОСНОВАНИЕ ВНЕСЕНИЯ МАЛЬТОДЕКСТРИНА В ТВОРОЖНЫЙ ДЕСЕРТ**А. А. Бектурганова, М.Ч. Тултабаев, А. М. Омаралиева,
А. Ж. Хастаева, Сафуани Ж.Е.**Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан,
1968all@mail.ru

В настоящее время интерес к обогащенным продуктам питания для массового питания неуклонно растет. Поэтому возникла необходимость создания комплексных продуктов, обеспечивающих организм необходимыми нутриентами и биологически активными компонентами, наряду с этим обладающими физиологическими свойствами с учетом специфики потребностей организма и на основе принципов адекватности. В статье подтверждена целесообразность использования в составе рецептур и установлена рациональная доля его внесения.

Ключевые слова: мальтодекстрин, технология, функциональные кисломолочные продукты.

МАЛЬТОДЕКСТРИНДІ СУЗБЕ ДЕСЕРТІНЕ ҚОСУДЫҢ НЕГІЗДЕМЕСІ

А. А. Бектурганова, М.Ч. Тултабаев, А. М. Омаралиева,
А. Ж. Хастаева, Сафуани Ж.Е.

Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,
1968al1@mail.ru

Қазіргі уақытта жаппай тамақтану үшін байытылған тағамдарға қызығушылық тұрақты түрде артып келеді. Сондықтан ағзаны қажетті қоректік заттармен және биологиялық белсенді компоненттермен қамтамасыз ететін, сонымен қатар физиологиялық қасиеттері бар, ағзаның қажеттіліктерін ескере отырып және жеткіліктілік қағидаттарына негізделген күрделі өнімдер жасау қажеттілігі туындады. Мақалада оны құрамдас бөлігі ретінде пайдаланудың орындылығы расталады және оны енгізудің ұтымды үлесі белгіленеді.

Түйінді сөздер: мальтодекстрин, технология, функционалды сүт қышқылды өнімдері.

Introduction. Maltodextrin has various special properties, in recent years this product has been widely used in the food industry. The main raw materials for maltodextrin production are corn and rice. Maltodextrin is easily soluble in water, has thickening properties, inhibits crystallization of sugar, affects formation of stable foam. Affects the formation of the product, adjusts its structure, low moisture absorption, contributes to the separation of the product, increases the molding properties, protects the product from changes in shape, improves the appearance of the product [1].

Maltodextrin contains acid resistant salt and heat resistant components. It is easily absorbed by the human body, and can act as a raw material for functional nutrition. Thus, it can be said that maltodextrin is an excellent food additive for products when certain consumer properties need to be improved.

Maltodextrin is used in the dairy industry, ice cream production, baby food, diet food, etc. widely used. maltodextrins are obtained by partial hydrolysis of starch with acids or hydrolytic enzymes, then purified, concentrated and dried. The degree of starch hydrolysis determines the carbohydrate composition,

which provides a variety of functional properties of maltodextrins.

The properties of maltodextrin are directly related to the amount of DE (dextrose equivalent). Dextrose equivalent is a relative value that determines the recovery capacity of maltodextrin / glucose syrup expressed in grams of D-glucose (dextrose) per 100 g of dry matter. According to the classification of starch hydrolysis products, D-Glucose is equal to the coefficient of D. E. 100.

The dextrose equivalent of maltodextrins is 1 to 20. Dextrose: D. E. = 100. Glucose syrup and dry glucose syrup: $20 < D. E. < 99$. Maltodextrins: D. E. < 20 .

The DE value is from 4% to 6% with no sugar component at all (the material consists of tetrose molecules). Low D. E. maltodextrins: high binding capacity; high viscosity of water solutions; good anti-crystallization ability; has the ability to raise the freezing temperature of the product [2].

When the DE value is between 9% and 12%, maltodextrin contains more saccharide macromolecules. Therefore, it does not have a sweet taste, absorbs moisture poorly, does not have a gray color. When using maltodextrin

contained in the product, its taste properties improve, viscosity properties increase, it is related to the production of cottage cheese desserts, and when using the technology, you can get the desired viscosity of the product.

When the DE value is from 13% to 17%, the amount of sweetness remains relatively low, absorbs moisture poorly, does not have a gray color, and has good solubility.

When the DE value is 18% to 20%, a slightly sweet taste appears, moisture absorption properties appear. With a certain ratio of dextrose, the color can change to gray, it has good solubility, and the product does not have the effect of increasing viscosity.

Physico-chemical indicators of maltodextrins, such as hygroscopicity, equilibrium relative humidity, osmotic pressure of aqueous solutions of maltodextrins, depend on the average value of the molecular masses of the components and the presence of bound and unbound moisture. So, D.E. Maltodextrins with 2, 6 have the least hygroscopic character. D.E. with increasing hygroscopicity and, as a result, a tendency to clogging is observed.

Properties such as sweetness, reddening when heated, fermentability D.E. increases with increasing and is usually characteristic of glucose syrups. The sweetness coefficient of maltodextrins is from D. E. 2, 6, 12 to ~ 0.1 , and D.E. From 17, 19, 20, the sweetness factor is ~ 0.2 (relative to sugar with a sweetness factor of 1).

The particle size of maltodextrins has a significant effect on the bulk density and solubility of maltodextrins. The usual form of maltodextrins offered for sale: in the form of fine powder and in the form of microgranules.

Microgranulated maltodextrins are characterized by excellent flowability, which provides convenience in production during mixing of dry components and product packaging. In the dry mixture, maltodextrins

promote good dispersion of the product and quick solubility in water. Also, they prevent the stratification of the components of the mixture and the formation of dust [3].

Thus, functional properties of maltodextrins D.E. knowing the dependence on the size and size of particles, it is possible to regulate and control important indicators of product quality, such as viscosity and structure, to improve the fluidity or flow characteristics of the product, to regulate sweetness, to prevent crystallization of sugar in the finished product [4].

As a result of the use of maltodextrins in dairy production technologies, the following are ensured: energy value of the product; the solubility of additives improves; the structure and homogeneity of the product is well formed; the processes of enriching the ingredients in the minimum amount are simplified; water absorption capacity of hygroscopic components of the mixture decreases.

In dry formulas for children, maltodextrins are very good carbohydrates, the average molecular size of which corresponds to the average value between starch molecules and simple sugar molecules. Long starch chains are difficult to digest, especially if the granular structure of the starch remains. On the other hand, sucrose, dextrose, etc. Simple sugars like these can cause intestinal upset.

It should be noted that maltodextrins provide an excellent nutritional base for dietary and therapeutic food products, and the wide range of maltodextrins allows choosing a specific type with osmotic pressure that is important for various diseases of the control-intestinal tract [5].

Currently, maltodextrins are the most popular and versatile component in the production of products used as a treatment and structure builder.

Product Features:

1) Changes the degree of viscosity of the product, has a thickening, emulsifying effect. If

it contains DE 3-5%, it can achieve a fat effect, it is often used as a fat substitute in mayonnaise, ice cream, sausage and other products;

2) inhibits the process of color change. When the product contains a large amount of dextrose and protein, the product can easily achieve a gray color at high temperatures;

A small amount of DE slows down the graying process.

3) performs the function of binding and gluing. It is a good carrier of sweetener, flavor, filler, pigment. Maltodextrin, which contains less DE component, has a shaping property that can improve the shape of the product and its appearance, plays the role of isolation from oxygen, is used to apply to fruits in order to preserve their freshness;

4) performs the function of lowering the freezing temperature. Adding maltodextrin to sucrose substitute ice cream can change the freezing point and slow down the crystallization process;

5) serves to reduce the degree of sweetness. By adding maltodextrin to sweets, their sweetness can be reduced, which protects against dental diseases, high blood pressure and other diseases;

6) increases the bending and solubility properties used in the production of hard wine, soluble drinks, allows to preserve the taste of the product longer, improve its appearance, improve solubility properties;

7) easily absorbed by the human body, can be used for athletes, patients and children's food.

In addition to the above-mentioned properties, maltodextrin is used in bulk products, it protects them from the formation of lumps, increases the solubility of the product, improves its structure, and helps to keep the product dry.

Materials and methods.

– “Special” curd mass. MEMST 31680-2012. Technical requirements;

– maltodextrin. MEMST 34274-2017. Technical requirements.

During the performance of the work, generally accepted standard methods of studying physico-chemical and microbiological indicators of raw materials and finished products, as well as sensory indicators, were used. Experiments were performed with three and five replicates. Standard research methods were used in the work: physico-chemical, biochemical and organoleptic analysis methods.

Results and discussion. When choosing a filler for maltodextrin, the following criteria were taken into account in the SRI: quality and hygienic indicators; neutrality of taste; good dispersion; stability under physical, chemical and biological effects; resistance to heat treatment. In order to use it in the technology of new products, we were guided by the regulatory requirements for maltodextrin listed in Table 1.

According to TR 021/2011 «On Food Safety»: «enriched food products are food products that contain one or more foods and (or) biologically active substances and (or) probiotic microorganisms that are not originally present, or are present in insufficient quantities, or production (preparation) lost in the process.

For enriched products, the content of a biologically active or other enrichment agent in the amount of at least 5% of the daily requirement of the body is a mandatory requirement. The results of microbiological studies have shown that maltodextrin is a safe raw material for the creation of new functional products due to the absence of pathogenic microorganisms and bacteria of the *Escherichia coli* group within the limits set by the standard [5].

Maltodextrins are able to form protein-polysaccharide complexes with caseinates, thereby increasing the emulsifying, stabilizing and water-retaining properties of fresh products. Thanks to the use of a filler, the cost of the finished product is reduced, since there

is no need to use expensive stabilizers to improve the consistency. The main requirements for the quality of maltodextrin are listed in Table 1.

Table 1

Basic requirements for the quality of maltodextrin

Indicators	Description
Appearance and consistency	In appearance, this white powder has high viscosity, fast solubility, and high moisture content. Homogeneous bulk finely dispersed powder, microgranules.
Taste and smell	Maltodextrin is characterized by low sweetness. Characteristic of maltodextrins, without extraneous taste and smell
Color	White or light yellow
Humidity, %	Not more than 6
The ash content is completely dry matter, %, not more	2
Mass fraction of dry matter, not less, %	94,0
Mass fraction of total ash by dry matter. %, not more	0,40
Hydrogen index, pH	4,5 —6,5
Amount of sulfur dioxide (SO ₂), mg/kg; not more	20
The presence of foreign mechanical impurities	Not allowed
Amount of calories, kcal / kJ	372/1581

According to the microbiological indicators of maltodextrin, it should meet the requirements specified in Table 2

Table 2

Microbiological indicators of maltodextrin

Indicator	The norm
Pathogenic microorganisms (including salmonella), absence in product mass, g.	25,0
Escherichia coli bacteria (coliforms), absence in product mass, g.	0,1
The Number of Mesophilic Aerobic And Facultative Anaerobic Microorganisms, CFU/ g, not more	5,0*10 ⁴
Microscopic fungi, CFU/ g, not more	not
Yeast, CFU / g, not more	not
Molds in 1 g. of product, no more	50
Coagulase-positive staphylococci in 1 g. of product	1
Pathogenic microorganisms	not

Preparation of components is an important moment in forming the quality of the finished product. Properly selected modes of heat treatment allow to preserve the nutritional value of raw materials, to ensure its high

sanitary and hygienic properties. In addition, maltodextrin is pasteurized and tissue enzymes are inactivated during heat treatment with the filler of the milk base, which increases the shelf life of the products [6,7].

The main goal at this stage of the work was to study the effect of filler dosage on sensory indicators to obtain functional new dry

products. As a control, milk powder according to MEMST 4495-97 was used. The results are presented in Table 3.

Table 3

Effect of filler dosage on sensory parameters of the product

Indicators	Control version	Filler doses					
		2%	7%	9%	15%	17%	20%
Consistency	3	3	3	3	3	2	2
Appearance	2	2	2	2	2	2	2
Taste and smell	10	6	8	7	10	5	4
Color	5	5	5	5	5	5	5
Ball	20	16	18	17	20	14	13

Sensory indicators were evaluated according to the method of evaluating the organoleptic indicators of dry milk products on a 20-point scale.

Table 4

Effect of filler dosage on sensory parameters of the product

Indicators	Control version	Filler doses					
		2%	7%	9%	15%	17%	20%
Consistency	3	3	3	3	3	2	2
Appearance	2	2	2	2	2	2	2
Taste and smell	10	6	7	8	10	5	4
Color	5	5	5	5	5	5	5
Ball	20	16	17	18	20	14	13

At work, D.E. Maltodextrins with 12, 18, 19 were used. Low DE maltodextrin solutions are better absorbed in the intestine than simple sugars: dextrose, sucrose, fructose or lactose, which have a low molecular weight. The faintly sweet taste of maltodextrins is not addictive for consumers.

As a result of the research, the control sample has a very fine, uniform consistency, pure milk taste, and white color. The most optimal organoleptic indicators were at 15% dose, where a light taste was felt. Products with a filler dosage of more than 7 and 9% do not have a pronounced taste. The product with a dose of 20% had a distinct taste and smell. A further increase in dosage leads to deterioration

of sensory properties of new products. Thus, adding maltodextrin to the milk base changes its structure and taste.

The control sample is very soft, has a uniform consistency, has a clean taste, and is white in color. At 3% loading dose, the products had a homogeneous, barely perceptible sweet taste. With a dose of 5% fructose, the products had a sweet taste. Further increase in the dosage of sweeteners from 7% leads to deterioration of the consistency of fermented milk products. It was found that the optimal dose of fructose introduction in products 2 and 3 is 5% dose. Thus, the addition of heat-treated, fructose fillers contributes to the production of products in which all fillers are well combined with each

other.

Based on the above, the addition of maltodextrin to the developed products leads to an increase in the volume of the product, protects the product from the formation of lumps, increases the solubility of the product, increases the shelf life of the product, and at the same time reduces its cost, is easily absorbed and absorbed by the human body, thus the role of maltodextrin used in cottage cheese dessert has been proven and approved.

Conclusions. Based on the above, it can be noted that the addition of maltodextrin to the developed products leads to an increase in the volume of the product, protects the product from the formation of lumps, increases the solubility of the product, extends the shelf life of the product, and at the same time reduces its cost, is easily absorbed and digested by the human body, so that it is used in curd desserts. the role of maltodextrin has been proven and confirmed.

References

1. Dydykin A. S. Development of consumer adapted products based on meat for enteral nutrition of children: dissertation ... candidate of technical sciences: 05.18.04.- Moscow, 2006.- 151 p.: il. RGB OD, 61 06-5/1281
2. <https://exponentatrade.com/produksiya/produksiya-roquette>. – Date of application – 22.01.2022.
3. Gubanova A. A.. Concentrated milk-containing product: technological development using functional components to increase storage capacity: thesis ... Candidate of Technical Sciences: 05.18.04; FGBOU Voronezh State University of Engineering Technologies, 2016.
4. Golubeva L. V., Dolmatova O. I., Smolsky G. M. Maltodextrin in the technology of production of a concentrated milk-containing product. Food industry. 2015. No. 3.
5. Kurmangalieva D.B. Bekturganova A.A. Omaraliyeva A.M. Development technology of a dry fermented milk product. Vestnik nauki of the Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullina No. 2. (109) 2021s 179-187.
6. Bekturganova A. A., Safuani J.E., Hastaeva A. Zh., Bakyt N.A.. Justification of the choice of dry whey in the technology of protein paste production. Vestnik KazUTB, Nur-Sultan, KazUTB. Issue #2 (2022).
7. Smirnova I.A., Gralevskaya I.V., Shtrigul V.K., Smirnov D.A. Research on methods of milk coagulation with the aim of forming microparticles of milk proteins. Technique and technology of food production. 2012. No. 3.

Information on the authors

Bekturganova A.A. – Candidate of Technical Sciences, ass. professor, Kazakh University of Technology and Business, e-mail: 1968al1@mail.ru.

Tultabaev M. Ch. – Doctor of Technical Sciences, Professor. Kazakh University of Technology and Business, e-mail: shomanyli@mail.ru

Omaraliyeva A. M. – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor. Kazakh University of Technology and Business, e-mail: aigul-omar@mail.ru

Khastayeva A. Zh. – phd, Kazakh University of Technology and Business, email: gera_or@mail.ru.

Safuani Zh. Y. -Candidate of Biological Sciences, assistant professor, Kazakh University of Technology and Business; e-mail: safuanizh@mail.ru.

МРНТИ 65.55.37

<https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.18-82>

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МИКРО- И МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЭКСТРАТЕ ЛИСТЬЕВ АМАРАНТА

**Х.У.Усмонжонова¹, К.О. Додаев¹, С.К., Атхамова¹, Ш.И. Ибрагимов¹,
М.Ч.Тултабаев²,**

¹Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан,

²Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан,
shomanyli@mail.ru

Исследование растения амаранта *Amaranthus cruentus* L. проводили на ИСП-МС с оптической эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной аргонной плазмой. Установлено, что содержание тяжелых металлов и токсичных элементов в пищевых продуктах, например свинец (Pb) 5,0 мг/кг, мышьяк (As) – 3,0 мг/кг, кадмия (Cd) 1,0 мг/кг, т.е. не превышают предельно- допустимого уровня. Также изучено влияние концентрации водно-спиртовых растворов на оптическую плотность экстракта.

Ключевые слова: Каротиноид, антоциан, флаваноид, хлорофилл, экстракция, концентрация.

QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE CONTENT OF MICRO- AND MACRO ELEMENTS IN THE AMARANTH LEAF EXTRACT

**H.U.Usmonjonova¹, K.O.Dodaev¹, S.K. Atkhamova¹, Sh.I. Ibragimov¹,
M.Ch. Tultabaev²**

¹Tashkent Institute of Chemical Technology Tashkent Uzbekistan,

²Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,
shomanyli@mail.ru

The study of the amaranth plant *Amaranthus cruentus* L. was carried out on ICP-MS with the optics of an emission spectrometer with inductively coupled argon plasma. It has been established that the content of heavy metals and toxic elements in food products, for example, lead (Pb) 5.0 mg/kg, arsenic (As) – 3.0 mg/kg, cadmium (Cd) 1.0 mg/kg, i.e. e. do not exceed the maximum permissible level. The influence of the concentration of water-alcohol solutions on the optical density of the extract was also studied.

Keywords: Carotenoid, anthocyanin, flavanoid, chlorophyll, extraction, concentration

АМАРАНТ ЖАПЫРАҚ СЫРТЫНЫНДАҒЫ МИКРО- ЖӘНЕ МАКРОЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ МАЗМҰНЫНЫҢ САНДЫҚ ТАЛДАУЫ

Х.У.Усмонжонова¹, К.О. Додаев¹, С.К., Атхамова¹, Ш.И. Ибрагимов¹,
М.Ч.Тултабаев²

¹Ташкент химия-технологиялық институты, Ташкент, Өзбекстан

²Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,
shomanyli@mail.ru

Амарант өсімдігі *Amaranthus cruentus* L. зерттеуі индуктивті байланысқан аргон плазмасы бар эмиссиялық спектрометрдің оптикасымен ICP-MS жүргізілді. Тамақ өнімдерінде ауыр металдар мен улы элементтердің мөлшері, мысалы, қорғасын (Pb) 5,0 мг/кг, мышьяк (As) – 3,0 мг/кг, кадмий (Cd) 1,0 мг/кг, яғни е. . максималды рұқсат етілген деңгейден асырмаңыз. Сондай-ақ сығындының оптикалық тығыздығына су-спирт ерітінділерінің концентрациясының әсері зерттелді.

Түйінді сөздер: Каротиноид, антоцианин, флавоноид, хлорофилл, экстракция, концентрация

Введение. В результате развития технологий производства пищевых продуктов в мировом масштабе потребность в пищевых добавках еще более возрастает. Пищевые красители добавляют в пищевые продукты с целью улучшения их цветовых показателей, повышения привлекательности, способности привлекать потребителей. Красители бывают синтетические и натуральные. В результате употребления продуктов питания с добавлением синтетических красителей широко распространены желудочно-кишечные, различные аллергические, сердечно-сосудистые заболевания, а также снижение умственной деятельности и памяти у детей. Натуральные красители, наряду с улучшением органолептических показателей пищевых продуктов, повышают пищевую и биологическую ценность продукта [1- 4].

Приоритетной задачей является обеспечение населения мира качественными продуктами питания, для этого необходимо получить натуральные красители из фруктов, овощей и ягод, богатых витаминами,

макро- и микроэлементами, в том числе из растительного сырья, улучшить качество выпускаемой продукции, повысить ее питательную ценность, безопасность и биологическую ценность, для эффективного использования природного сырья, вести обширные исследования по снижению себестоимости готовой продукции, а также по разработке и расширению поставок натуральных красителей на предприятия – производители.

Натуральные красители обычно получают из природного сырья в виде смеси соединений по химической природе, а их состав, в свою очередь, зависит от источника и технологии извлечения. В связи с этим стабильность контента обычно является проблемой. Среди природных красителей можно назвать каротиноиды, антоцианы, флавоноиды, хлорофилл, подобные ему комплексы и др. Они не токсичны, но даже при этом определена суточная норма красителей. Большинство натуральных красителей или их смеси обладают биологической активностью, сохраняют вкусовые и ароматические вещества, по-

вышают пищевую ценность окрашиваемого пищевого продукта [5- 8].

Материалы и методы. Эксперименты проводились в следующей последовательности: красители, содержащиеся в растении, экстрагировали спиртовым раствором, экстракт центрифугировали, фильтровали, концентрировали в роторном вакуум-выпарном аппарате, осаждали сопутствующие экстракты, снова фильтровали, извлекли красители.

Семена амаранта (*Amaranthus*) содержат 13-19% белка, богаты незаменимыми аминокислотами. В 100 г белка амаранта содержится в среднем 6,2 г незаменимой аминокислот – лизина, который отсутствует в других растениях. Семена амаранта богаты полиненасыщенными жирными кислотами $\omega 3$, $\omega 6$. В частности, в больших количествах обнаружены линолевая, пальмитиновая, стеариновая, олеиновая и линоленовая жирные кислоты. Жирные кислоты составляют 77% от общего количества, а линолевая кислота составляет 50% от этого показателя. Линолевая кислота играет ключевую роль в синтезе арахидоновой кислоты, являющейся основой синтеза простагландинов в организме. Кроме того, он содержит очень важный серотонин, красные пигменты, такие как ксантин, желчные кислоты, холин, стероиды, В2-рибофлавин, В1-тиамин, очень редкие токоферол и токотриеновые формы витамина Е, витамин D, пантотеновую кислоту и сквален. листья амаранта являются источником каротиноидов. Содержание каротиноидов, в том числе содержание каротина и зооксантина, составляет 46-90 мг на 100 г сухого веса [9-11].

Для количественного определения микро- и макроэлементов в экстрактах красителей методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) 0,0500-0,5000 г образца растения амаранта

Amaranthus cruentus L. точно взвешивали на аналитических весах и переносили в автоклавы с тефлоновым покрытием, затем автоклавировали, заполняя соответствующим раствором. количество очищенных концентрированных минеральных кислот (азотная кислота ХЧ) и перекись водорода (ХЧ). Автоклавы закрывают и помещают в микроволновый диссольвер Berghof MWS-3+ПО или аналогичный микроволновый диссольвер. В зависимости от типа исследуемого вещества, определяется программа разложения, указывается степень разложения и количество автоклавов (до 12 единиц).

После разложения содержимое автоклавов количественно переносят в колбы вместимостью 50 или 100 мл и приливают азотную кислоту до достижения объема 0,5%.

Исследование растения амаранта *Amaranthus cruentus* L. проводят на ИСП-МС или аналогичном приборе с оптикой эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной аргоновой плазмой. В этом методе указывается оптимальная длина волны для максимального излучения определяемых этим методом микро- и макроэлементов.

При составлении серии анализов его количество указывается в мг, а уровень разделения – в мл. После получения данных автоматически рассчитывается фактическое количественное содержание вещества в исследуемой пробе и вводится прибором в виде мг/кг или мкг/г в пределах погрешности – RCD в %.

Используемые приборы и сосуды: масс-спектрометр ISP MS NEXION-2000 или аналогичный, прибор для микроволновой дезинтеграции (Германия) или аналогичные автоклавы тефлоновые мерные колбы.

Используемые реактивы: многоэлементный стандарт №3 (на 29 элементов для МС)

– Hg (ртуть), азотная кислота (ХЧ), перекись водорода (ХЧ), вода бидистиллированная, аргон (чистота газа 99,995%).

Количество макро- и микроэлементов растения амаранта *Amaranthus cruentus* L. приведено в табл. 1.

Таблица 1

Количество микро- и макроэлементов в концентрате амаранта

Микро- и макроэлементы			
Элементы	Amaranthus cruentus L.	Элементы	Amaranthus cruentus L.
	мг/кг		мг/кг
Бор (В)	-	Хром (Cr)	0,180
Натрий (Na)	0,751	Цинк (Zn)	-
Магний (Mg)	102,321	Мышьяк (As)	0,018
Фосфор (P)	20,842	Селен (Se)	0,015
Кальций (Ca)	-	Рубидий (Rb)	0,484
Марганец (Mn)	0,383	Стронций (Sr)	0,163
Железо (Fe)	2,236	Кадмий (Cd)	-
Литий (Li)	0,059	Свинец (Pb)	0,016
Алюминий (Al)	-	Никель (Ni)	0,051
Титан (Ti)	0,002	Молибден (Mo)	-
Кобальт (Co)	0,029	Сера (S)	139,650
Медь (Cu)	2,399		

Богатство микроэлементами Na, Mg, P, Fe и Cu в концентрате экстракта *Amaranthus cruentus* L. и содержание тяжелых металлов и токсичных элементов в пищевых продуктах, например свинец (Pb) 5,0 мг/кг, мышьяк (As) – 3,0 мг/кг, кадмия (Cd) 1,0 мг/кг, т.е.

не превышая предельного уровня, признан безвредным для организма человека.

В таблице 2 показано количество углеводов в концентрате. По результатам исследования количество фруктозы было самым высоким и составило 54,65 мг/л, количество общих углеводов – 108,98 мг/л.

Таблица 2

Количество углеводов в экстракте *Amaranthus cruentus* L

№	Концентрат	Углеводлар, мг/л				
		Фруктоза	Глюкоза	Сахароза	Мальтоза	Сумма
1	Раствор №2 (<i>Amaranthus cruentus</i> L.)	54,65	34,53	19,8	-	108,98

На следующем этапе изучали влияние концентрации водно-спиртовых растворов на оптическую плотность экстракта. Экстракт, выделенный из цветка растения, концентрировали в роторном вакуум-испарителе и изучали плотность поглощения лу-

чей при длине волны 540 нм – количество красителей в концентрате. Когда количество красителя, содержащегося в экстракте растения *Amaranthus cruentus* L., достигало 50%, количество красителя, измеренное при длине волны 540 нм, достигало максималь-

ного значения 4,7 г/л, что составляет 14,1% от массы высушенного растения.

С учетом этого исследовали 50%-ный водно-спиртовой раствор на максимальное выделение красителей в концентрат во вре-

менном интервале от 20 мин до 18 часов.

Результаты и обсуждение. Результаты исследования увеличения оптической плотности экстракта *Amaranthus cruentus* L. представлены на рисунке 1.

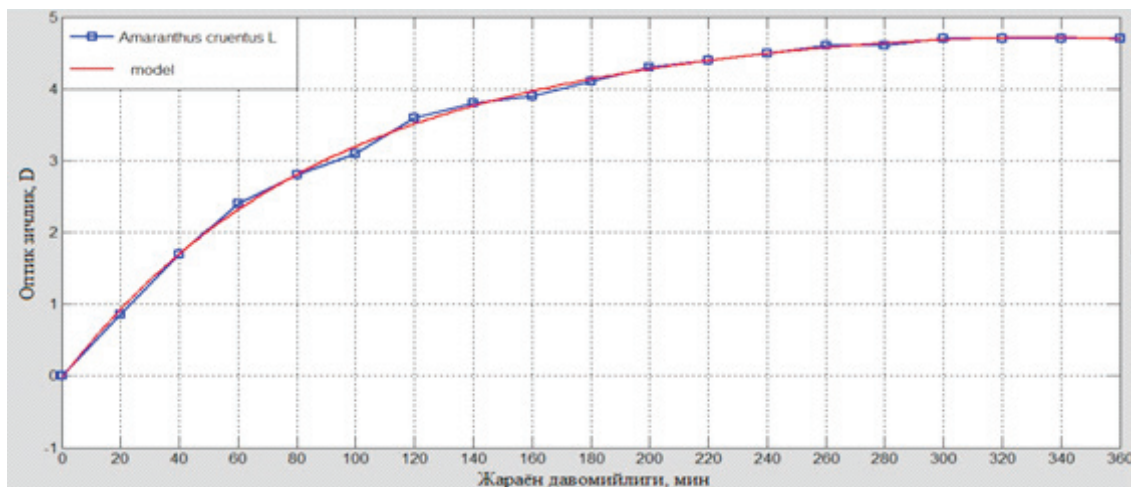


Рис. 1. Изменение оптической плотности водно-спиртового экстракта цветков растения *Amaranthus cruentus* L. во времени.

Уравнение регрессии, полученное с использованием экспериментальных данных при изменении во времени концентрации 50%-ного спиртового раствора, используемого для извлечения природного красителя, содержащегося в цветках *Amaranthus cruentus* L., имеет следующий вид:

$$y = 9.1e-13 x^5 - 1.5e-09 x^4 + 9e-07x^3 - 0.00029x^2 + 0.054x - 0.031$$

Количество красителя в концентрате растительного экстракта *Amaranthus cruentus* L. контролировали каждые 20 мин при длине волны 540 нм, и количество красителя достигало максимума через 6 часов.

Выводы. 1. Изучена динамика изменения концентрации красителя по изменению

количества спирта в водно-спиртовом растворе, используемого для извлечения натурального красящего вещества из цветков *Amaranthus cruentus* L., и признан приемлемым 50% -ам.

2. Количество красителя в концентрате растительного экстракта *Amaranthus cruentus* L. контролировали каждые 20 мин путем его измерения при длине волны 540 нм, которое через 6 часов достигло максимального значения 4,7 г/л при количестве в высушенном растении 14,1%.

3. Изучено количество углеводов в концентрате, богатом красителями.

4. Исследовано содержание микро- и макроэлементов в экстракте *Amaranthus cruentus* L., количество тяжелых металлов и токсичных элементов в экстракте красителя.

Литература

1. Волотов В.М., Шичкина Е.С., Саввин П.Н., Хрипушин В.В. Особенности технологии совместного извлечения каротиноидных и антоциановых пигментов. Вестник ВГУИТ, 2012, №2, -С. 110-112.
2. Atkhamova S.K., Dalimov D.N., Ismoilov A.K. A revision of *Alcea Rosea* Plounts. International Workshop of the University of Biotechnology, Commercialization and Security, Tashkent, October, 2003. -P.14-15.
3. Усмонжонова Х.У., Атхамова С.К., Додаев К.О. Исследование способов извлечения пищевых красителей из цветков амаранта (*Amaranthus*). *Universum: Технические науки*. Москва. №1, 2019. -С.41-44.
4. Усмонжонова Х.У., Атхамова С.К., Додаев К.О. *Ocimum basilicum* L. Lamiaceae o`simligi bo`yoq moddalarini ajratish jarayonini tadbiq etish. *Chemistry and chemical engineering. (Кимё ва кимё технологияси) журнали*. 2020 йил № 2. -Б.59-64.
5. Усмонжонова Х.У., Холдоров В., Додаев К.О. Research of physical and chemical properties of food dyes of non-traditional raw materials. *International Journal of Innavaions in Engineering Research and Technology*. ТГТУ 2020 №1. -P. 13-17.
6. Усмонжонова Х.У. Food colors of vegetable raw materials, their physical and chemical properties. «Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истикболлари» мавзусидаги халқаро илмий-техник анжумани. Тошкент. 2020. -P. 176-181.
7. Kollins P., Pshemislav O. Pishchevyue okrashivayushchiesya produkty-naiboleye effektivnaya al`ternativa iskusstvennym krasitelyam [Food coloring products – the most effective alternative to artificial dyes]. *Pishcheyaya promyshlennost*, 2013, no. 9. -P.22-23.
8. Derkanosova N.M., Gins M.S., Gins V.K., Lupanova O.A. Perspektivy primeneniya amaranta kak pishchevogo krasitelya konditerskikh izdeliy. [Prospects for the use of amaranth as a food coloring of confectionery]. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov*, 2013. no. 11, -P.11-15.
9. Scotter.M.J. Methodhods for the determination of European Union permitted added natural colours in foods: a review. *Food Additives & Contaminants*, 2011, no. 15, -P.527-596.
10. Cosio M.S., Buratti S., Mannino S., Benedetti S. Use of an electrochemical method to evaluate the antioxidant activity of herb extracts from the Labiatae family. *Food Chemistry*, 2006, no. 97, -S.725-731.
11. Downham A., Collins P. Colouring our foods in the last and next millennium. *International Journal of Food Science and Technology*, 2000, №2. -P. 21-22.

References

1. Bolotov V.M., Shichkina E.S., Savvin P.N., Hripushin V.V. Osobennosti tekhnologii sovmestnogo izvlecheniya karotinoidnyh i antocianovyh pigmentov. *Vestnik VGUIT*, 2012, №2, -S. 110-112.
2. Atkhamova S.K., Dalimov D.N., Ismoilov A.K. A revision of *Alcea Rosea* Plounts. International Workshop of the University of Biotechnology, Commercialization and Security, Tashkent, October, 2003. -R.14-15.

3. Usmonzhonova H.U., Athamova S.K., Dodaev K.O. Issledovanie sposobov izvlecheniya pishchevykh krasitelej iz cvetkov amaranta (Amaranthus). Universum: Tekhnicheskie nauki. Moskva. №1, 2019. -С.41-44.

4. Usmonzhonova H.U., Athamova S.K., Dodaev K.O. Occimum basilicum L. Lamiaceae o`simligi bo`yoq moddalarini ajratish jarayonini tadbiq etish. Chemistry and chemical engineering. (Kimyo va kimyo texnologiyasi) zhurnali. 2020 jil № 2. -B.59-64.

5. Usmonzhonova H.U., Holdorov V., Dodaev K.O. Research of physical and chemical properties of food dyes of non-traditional raw materials. International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology. TGTU 2020 №1. -P. 13-17.

6. Usmonzhonova H.U. Food colors of vegetable raw materials, their physical and chemical properties. “Innoavcion texnika va texnologiyalarning qishloq h̄yžhaligi oziq-ovkat tarmoridagi muammo va istiqbollari” mavzusidagi halkaro ilmiy-texnik anzhumani. Toshkent. 2020. -R. 176-181.

7. Kollins P., Pshemislov O. Pishchevye okrashivayushchiesya produkty-naiboleye effektivnaya al`ternativa iskusstvennym krasitelyam [Food coloring products – the most effective alternative to artificial dyes]. Pishchevaya promyshlennost, 2013, no. 9. -R.22-23.

8. Derkanosova N.M., Gins M.S., Gins V.K., Lupanova O.A. Perspektivy primeneniya amaranta kak pishchevogo krasitelya konditerskikh izdeliy. [Prospects for the use of amaranth as a food coloring of confectionery]. Tovaroved prodovol`stvennykh tovarov, 2013. no. 11, -R.11-15.

9. Scotter.M.J. Methods for the determination of European Union permitted added natural colours in foods: a review. Food Additives & Contaminants, 2011, no. 15, -R.527-596.

10. Cosio M.S., Buratti S., Mannino S., Benedetti S. Use of an electrochemical method to evaluate the antioxidant activity of herb extracts from the Labiatae family. Food Chemistry, 2006, no. 97, – S.725-731.

11. Downham A., Collins P. Colouring our foods in the last and next millennium. International Journal of Food Science and Technology, 2000, №.2. -R. 21-22.

Сведения об авторах

Усмонжонова Х.У.-Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан., khulkar79@mail.ru;

Додаев К.О.- д.т.н. проф. Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан., Dodaev@rambler.ru;

Атхамова С.К.-Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан., saida@52mail.ru;

Ибрагимов Ш.И. -Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан., shahbozibrogimov94@gmail.com.

Тултабаев М.Ч. – д.т.н. проф. Казахский университет технологии и бизнеса, shomanyli@mail.ru.

Information about the authors

H.U.Usmonjonova – Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, khulkar79@mail.ru;

K.Dodaev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, Dodaev@rambler.ru

S.K. Atkhamova – Химия ғылымдарының кандидаты, Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, saida@52mail.ru

Sh.I. Ibragimov – Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, shaxbozibrogimov94@gmail.com,

M.Ch. Tultabaev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, shomanyli@mail.ru.

FTAMP 65.09.05

<https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.18-75>

**ЗЫҒЫР ДӘНІНЕН АЛЫНҒАН ҰН МЕН ҚҰРҒАҚ САРЫСУ ҰНТАҒЫНЫҢ АСТЫҚ
ДАҚЫЛДАРЫНАН АЛЫНҒАН СУСЫННЫҢ САПА
КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ**

**Хастаева А.Ж., Бектурганова А.А., Омаралиева А.М., Сериков А.Ж.,
Суюндық Р.К.**

Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,
e-mail: gera_or@mail.ru

Омега-3 поликанықпаған май қышқылдарымен байытылған астық сусындарын өндіру рецептісін жасау кезінде жаңа астық сусындарының технологиялық қасиеттері мен органолептикалық көрсеткіштерін жақсарту мақсатында технологияда байытушы компонент ретінде зығыр тұқымы ұны және құрғақ сарысу концентраты пайдаланылды. Зығыр ұны Омега-3 PUFA үшін байытқыш негіз болып табылады, ал сарысу ұнтағы концентраты жарма сусындарына сүтті дәм мен хош иіс қосады.

Зертханалық жағдайда астық сусындарының тәжірибелік үлгілері шығарылып, олардың кеңейтілген дегустациясы жүргізілді. Органолептикалық зерттеулердің нәтижелері үлгілердің жақсы тұтынушылық қасиеттерін көрсетеді. Эксперименттік және тәжірибелік әзірлемелердің, алынған сусындар мен органолептикалық бағалаудың нәтижелері бойынша негізгі рецептуралар әзірленді.

Түйінді сөздер: астық сусыны, сарысу ұнтағы, күріш, қарақұмық

**ВЛИЯНИЕ ЛЬНЯНОЙ МУКИ И СУХОЙ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ НА
КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗЕРНОВЫХ НАПИТКОВ**

**Хастаева А.Ж., Бектурганова А.А., Омаралиева А.М., Сериков А.Ж.,
Суюндық Р.К.**

Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан,
e-mail: gera_or@mail.ru

При разработке рецептуры производства зерновых напитков, обогащенных Омега-3-полиненасыщенными жирными кислотами для улучшения технологических свойств и органолептических показателей новых зерновых напитков в технологии в качестве обогащающего компонента использовали муку из семян льна и сухой концентрат молочной сыворотки. Мука из семян льна является обогащающей основой Омега-3 ПНЖК, а сухой концентрат молочной сыворотки придает молочный вкус и аромат зерновым напиткам.

В лабораторных условиях произведены опытные образцы зерновых напитков и проведена расширенная их дегустация. Результаты органолептических исследований свидетельствуют о хороших потребительских качествах образцов. На основании результатов экспериментальных и опытных выработок, полученных напитков и органолептической оценки были разработаны базовые рецептуры.

Ключевые слова: зерновой напиток, сухая молочная сыворотка, рис, гречиха.

THE EFFECT OF FLAXSEED FLOUR AND WHEY POWDER ON THE QUALITY INDICATORS OF GRAIN DRINKS

**A.Zh.Khastayeva*, A.A. Bekturganova, A. M. Omaraliyeva, A.Zh.Serikov,
R.K.Suyundyk**

Kazakh University of Technology and Business, Astana, Republic of Kazakhstan,
e-mail: gera_or@mail.ru

When developing a recipe for the production of grain drinks enriched with Omega-3 polyunsaturated fatty acids, flax seed flour and dry whey concentrate were used as an enriching component in the technology to improve the technological properties and organoleptic characteristics of new grain drinks. Flax seed flour is the enriching base of Omega-3 PUFA, and dry whey concentrate gives a milky taste and aroma to grain drinks.

Experimental samples of grain drinks were produced in laboratory conditions and their extended tasting was carried out. The results of organoleptic studies indicate good consumer qualities of the samples. Based on the results of experimental and experimental workings, obtained beverages and organoleptic evaluation, basic formulations were developed.

Keywords: grain drink, whey powder, rice, buckwheat

Кіріспе. Бір кездері мал сүтін алмастыратын құрал ретінде ойлап табылған өсімдік сүті бүгінде экономикалық жағынан дамымаған елдерде белок тапшылығы мәселесін шешуге арналған. Тікелей тұтынудан басқа, өсімдік сүті сүтсіз пробиотиктерде және дәстүрлі сүт секторындағы басқа өнімдерде – кілегей, йогурт, ірімшік, балмұздақ және т.б. өндірісінің негізі ретінде пайдаланылады [1, 2].

Өсімдік сүтінің алғашқы (тарихи) түрлерінің бірі соя сүті біртіндеп ескіруде [3]. Бұл негізінен соя сүтінің органолептикалық көрсеткіштерінің жеткіліксіздігінен [4-6] және шикізат нарығын өңделген өнімдермен және сояның генетикалық түрлендірілген сорттарымен қанықтыруымен байланысты, бұл тұтынушылардың өнімге деген сенімін төмендетеді. Осыған байланысты тұтыну нарығы мен өндірушілер шикізаттың баламалы түрлеріне қайта назар аударады, бұл өнеркәсіптік ауқымда сүттің басқа аналогтарын – бадам сүтін [7], дәнді және майлы дақылдардан [8], кокос сүтін өндіруге мүм-

кіндік береді. Сондай-ақ жаңғақ, жержаңғақ [9], акаджоу жаңғағы, асқабақ тұқымы [10, 11] немесе күріш-бадам және күріш-кокос, соя-жүгері, соя-кокос жаңғағы, чуфа сығындысы бар соя, көп дәнді [12].

Химиялық құрамы, жоғары тағамдық және биологиялық құндылығы, бір жағынан, функционалдық қасиеттері, екінші жағынан, сүт сарысуы қосылған сусындардың емдік-профилактикалық қасиеттерін анықтайды. Минералды қосылыстардың сапасы мен саны бойынша сарысу дәстүрлі сусындардан едәуір асып түседі [13].

Сарысуда С дәрумені, никотин қышқылы, холин, А дәрумені, Е дәрумені және биотинмен бірге В дәрумендерінің тұтас жиынтығы бар. Сондай-ақ, сарысуда кальций, магний және пробиотикалық бактериялар бар, олардың құрамында В дәрумендерінің көп мөлшері бар. Сарысу ақуызы ең оңай сіңімді және құрамы жағынан адам сүтінің ақуызына жақын. Сарысудың иммуностимуляторлық әсері сарысу ақуызындағы аминқышқылдарының құрамымен бай-

ланысты, оның құрамында цистеин 4 есе және триптофан казеинге қарағанда 19 есе көп, бұл бауыр ақуыздарының регенерациясын, гемоглобин мен плазма ақуыздарының түзілуін қамтамасыз етеді [14].

Материалдар және әдістемесі. Зерттеу нысаны ретінде келесі астықтан дайындалған сусындар пайдаланылды:

– Омега-3 полиқанықпаған май қышқылдарымен байытылған күріш сусыны;

– Омега-3 полиқанықпаған май қышқылдарымен байытылған қарақұмық сусыны.

Теориялық және эксперименттік зерттеулер «ҚазТБҮ» АҚ «Технология және стандарттау» кафедрасының зертханаларында жүргізілді.

Ғылыми-зерттеу жұмыстарын, теориялық және эксперименттік зерттеулерді орындау кезінде зерттеу объектілерінің сапасын тексерудің, дайын өнімнің физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштерін бағалаудың заманауи әдістері қолданылды.

Алынған астық сусындарының органолептикалық көрсеткіштерін және тұтынуға дайындығын анықтау ГОСТ 15113.3-77 бойынша жүргізілді. Биохимиялық және химиялық зерттеулер келесі әдістер бойынша жүргізілді: қышқылдықты анықтау – ГОСТ 26971-86 бойынша; ақуыз мөлшері – ГОСТ 10846-91 бойынша; майлылығы – ГОСТ 15113.9-77 бойынша. Тағамдық және энергетикалық құндылық жалпы қабылданған әдістер мен коэффициенттер арқылы есептелді; ақуыздар мен көмірсулар үшін – 4 ккал / г; майлар – 9 ккал / г.

Талқылау және нәтижелер. Компоненттерді дайындау дайын өнімнің сапасын қалыптастырудың маңызды сәті болып табылады. Дұрыс таңдалған термиялық өңдеу режимдері шикізаттың тағамдық құндылығын сақтауға, оның жоғары санитарлық-гигиеналық қасиеттерін қамтамасыз етуге мүм-

кіндік береді. Сонымен қатар астық негізін толтырғышпен термиялық өңдеу кезінде крахмал желатинизациясы және тіндік ферменттердің инактивациясы орын алады, бұл өнімдердің сақтау мерзімін арттырады.

Зерттеудің осы кезеңінде композициялардағы негізгі шикізат пен толтырғыш арасындағы оңтайлы арақатынаспен зертханалық зерттеулер жүргізілді және Омега-3 полиқанықпаған май қышқылдарымен байытылған астық сусындарының тәжірибелік үлгілері алынды.

Біртекті консистенциядағы астық сусындарды алу үшін енгізілген толтырғыштың дозаларын сенсорлық көрсеткіштерге сәйкес орнату қажет болды.

Дозаны таңдау 1%-дан 18%-ға дейінгі диапазонда жүргізілді. Бақылау ретінде ГОСТ 28188-2014 Астық негізіндегі алкогольсіз сусын қолданылды. Сенсорлық көрсеткіштер 20 балдық шкала бойынша Омега-3 PUFA-мен байытылған жарма сусындарының органолептикалық көрсеткіштерін бағалаудың әзірленген әдістемесі бойынша бағаланды. Нәтижелер 1 кестеде берілген.

Бақылау үлгісі біркелкі консистенцияға, дәннің дәміне ие болды. Ең оңтайлы органолептикалық көрсеткіштер 8% дозасы бар күріш сусынында, біркелкі консистенциясы аз жаңғақ дәмі бар 10% қарақұмық сусынында болды. Толтырғыш дозасы 10 және 18%-дан жоғары сусындар айқынырақ дәнді хош иіс пен тығыз консистенцияға ие болды. Зығыр дәнінің дозасының жоғарылауы астық сусынының сенсорлық қасиеттерінің нашарлауына әкелді. Осылайша, астық сусынға арналған Омега-3 PUFA байытушы компоненті ретінде зығыр ұнының қосылуы құрылымды өзгертті, ал толтырғыш пайызының жоғарылауымен үлгілердің консистенциясы сұйық күйден кремді күйге дейін өзгерді.

1-кесте

Зығыр ұнының астықтан дайындалған сусынның сенсорлық көрсеткіштеріне әсері

Көрсеткіштер	Басқару нұсқасы	Толтырғыштың дозалары (зығыр ұны)					
		1%	4%	8%	10%	15%	18%
Күріш сусыны							
Консистенциясы	3	1	2	3	2	1	1
Сыртқы түрі	2	2	2	2	2	2	2
Дәмі мен иісі	10	1	7	8	8	6	5
Түсі	5	5	5	5	4	3	2
Балл	20	15	16	18	16	12	10
Қарақұмық сусыны							
Консистенциясы	3	1	2	3	3	1	1
Сыртқы түрі	2	2	2	2	2	2	2
Дәмі мен иісі	10	7	8	8	9	6	5
Түсі	5	5	5	5	5	3	2
Балл	20	15	17	18	19	12	10

Жарма сусындары тұрақсыз жүйелер болып табылады. Сақтау кезінде стратификация жүреді, бұл көбінесе ұн бөлшектеріне ауырлық күшінің әсерінен. Бұл мәселені жою үшін сусын сүт өндірісінің жанама өнімі болып табылатын сарысу ұнтағымен тұрақтандырылды.

Технологияда құрғақ сарысуды қолдану мыналарға мүмкіндік береді: жетілу және массалық тұрақтандыру процесін жақсар-

туға және айтарлықтай жеңілдетуге; жақсы тұтқырлығы бар жоғары сапалы өнімді алу; дайын өнімнің шығымдылығын арттыру.

Сарысудағы минералды тұздардың жоғарылауы лактозаның ерігіштігін арттырады, осылайша оның суды байланыстыру қабілетін арттырады және сусыздандыруды қиындатады. Құрғақ сарысудың астық сусынның сенсорлық көрсеткіштеріне әсер ету нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

2-кесте

Құрғақ сарысудың астықтан дайындалған сусынның сенсорлық көрсеткіштеріне әсері

Көрсеткіштер	Басқару нұсқасы	Толтырғыш дозалары (құрғақ сарысу ұнтағы)					
		1%	4%	8%	10%	15%	18%
Күріш сусыны							
Консистенциясы	3	1	2	3	2	1	1
Сыртқы түрі	2	2	2	2	2	2	2
Дәмі мен иісі	10	6	7	9	9	8	5
Түсі	5	5	5	5	5	4	3
Балл	20	14	16	19	18	15	11
Қарақұмық сусыны							
Консистенциясы	3	2	2	3	3	2	2
Сыртқы түрі	2	2	2	2	2	2	2
Дәмі мен иісі	10	6	5	8	9	8	4
Түсі	5	3	5	4	5	5	3
Балл	20	13	14	17	19	17	11

Зерттеу барысында құрғақ сарысудың оңтайлы дозасы анықталды. Сарысу ұнтағының астық сусындарының сенсорлық көрсеткіштеріне әсерін зерттеу нәтижелері бойынша ең жақсы нәтижелерді 8% дозасы бар күріш сусыны, 10% дозасы бар қарақұмық сусыны көрсетті.

Құрғақ сарысуды қолдану дозасын одан әрі арттыру тұтқырлықтың айтарлықтай артуына әкелді, шикізат пен толтырғыштың құрғақ зат құрамын арттыру арқылы, бұл консистенцияның тығыздалуының жоғарылауына әкеледі, бұл консистенцияның тығыздалуының жоғарылауына әкеледі, бұл

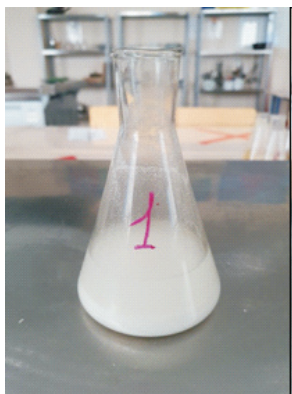
болашақта өнімнің технологиялық сапасының нашарлау қаупін арттырады.

Жаңа астық сусындарының технологиялық қасиеттерін және органолептикалық сипаттамаларын жақсарту үшін технологияда байытушы компонент ретінде зығыр тұқымы ұны мен құрғақ сарысу концентраты қолданылды. Зығыр ұны Омега-3 PUFA үшін байытқыш негіз болып табылады, ал сарысу ұнтағы концентраты жарма сусындарына сүтті дәм мен хош иіс қосады. Астықтан дайындалған сусындардың тәжірибелік үлгілерінің органолептикалық көрсеткіштері 3-кестеде және 1-суретте көрсетілген.

3-кесте

Астықтан дайындалған сусындардың тәжірибелік үлгілерінің органолептикалық сипаттамалары

Өнім атауы	Сыртқы түрі және консистенциясы	Дәмі	Иісі	Түсі	Қорытынды балл
20 баллдық шкала					
Зығыр дәні қосылған күріш сусыны, үлгі №1	біртекті консистенция	таза айқын дән дәмі жоқ толық қаныққан дәм	күріш сусындарына тән иіс	ақ, бүкіл массада біртекті кремді реңкпен	19
Зығыр дәндері қосылған қарақұмық сусыны, үлгі № 2	біртекті консистенциясы, түйіршіктері жоқ	таза толық қаныққан	иісі қарақұмықтан жасалған сусынға тән айқын	үлгінің бүкіл көлемі бойынша біркелкі ашық сары реңк	19



1-сурет – Астық дақылдарынан дайындалған сусындардың тәжірибелік үлгілері

Органолептикалық зерттеулердің нәтижелері үлгілердің жақсы тұтынушылық қасиеттерін көрсетеді. Зертханалық жағдайда астық сусындарының тәжірибелік үлгілері шығарылып, олардың кеңейтілген дегу-стациясы жүргізілді. Комиссия әзірленген

астық сусындарының жақсы дәмі, түсі, хош иісі мен сыртқы түрін атап өтті.

4-кестеде астық сусындарының тәжірибелік үлгілерінің физика-химиялық көрсеткіштерінің зерттеулері берілген.

4-кесте

Омега-3 PUFA (100 мл-де) байытылған астық сусындарының тәжірибелік үлгілерінің физика-химиялық көрсеткіштерін зерттеу

Көрсеткіштің атауы	Астық сусыны	
	Күріш сусыны	Қарақұмық сусыны
Майдың массалық үлесі, %	1,5	1,5
Ақуыздың массалық үлесі, %	0,2	1,0
Көмірсулардың массалық үлесі, %	12	6,5
Энергетикалық құндылығы, ккал	59,3	41,9
Тағамдық құндылығы, кДж	248	175

Омега-3 полиқаньқпаған май қышқылдарымен байытылған астық сусындар түрі бойынша астық сусындарға тән дәм мен иіске ие болуы керек, дайын өнімнің консистенциясы біркелкі, суспензиясыз және кесексіз болуы керек. Дайын өнімдердің түсі ақтан ашық қоңырға дейін.

Зерттеу нәтижелері рецепттерде зығыр ұнтағы мен сарысу ұнтағын қолдану органолептикалық көрсеткіштерге оң әсер ететінін және сусындардың тағамдық және биологиялық құндылығын арттыратынын көрсетеді.

Қорытынды. Сусынға Омега-3 PUFA байытушы компоненті ретінде зығыр ұнының қосылуы құрылымды өзгертеді, нәтижесінде сынамалардың консистенциясы толтырғыш пайызының жоғарылауымен сұйық күйден кремді күйге дейін өзгереді. Зерттеу барысында құрғақ сарысудың оңтайлы дозасы анықталды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, сарысу ұнтағын рецептураларда

қолдану органолептикалық көрсеткіштерге оң әсер етеді және сусындардың тағамдық және биологиялық құндылығын арттырады.

Сыналған үлгілердің зығыр ұнымен байыту Омега-3 құрамына, сонымен қатар ω -6/ ω -3 қатынасына оң әсер етті деген қорытынды жасауға болады. Жасалған өнімдердегі ω -6-ның ω -3 арақатынасы оңтайлы мәндерге жетті.

Қаржыландыру көзі – Ғылыми-зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігімен БМҚ шеңберінде 2021-2023 жылдарға «Дайын өнімнің ассортиментін кеңейту және шикізат бірлігінен шығу, сондай-ақ өнім өндірісіндегі қалдықтар үлесін азайту мақсатында ауыл шаруашылығы шикізатын терең өңдеудің ғылымды қажетсінетін технологияларын әзірлеу» тақырыбы бойынша (BR10764970) орындалды.

Әдебиеттер

1. Granato, D. Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products / D. Granato, G.F. Branco, F. Nazzaro, A.G. Cruz, J.A. Faria // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2010. – V. 9. – № 3. – P. 292–302, doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00110.x.
2. Min, M. Non-dairy probiotic food products: An emerging group of functional foods / M. Min, C.R. Bunt, S.L. Mason, M.A. Hussain // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2018. – V. 58. – P. 1–16, doi: 10.1080/10408398.2018.1462760.
3. Wong, V. Soy milk fades as americans opt for drinkable almonds / V. Wong // *Business Week*. – 22.08.2013.
4. Kolapo, A.L. Production and quality evaluation of soy-corn milk / A.L. Kolapo, G.R. Oladimeji // *Journal of Applied Biosciences*. – 2008. – V.1 (2). – P. 40–45.
5. Jiang, S. Food quality improvement of soy milk made from short-time germinated soybeans / S. Jiang, W. Cai, B. Xu // *Foods*. – 2013. – V. 2. – P. 198–212, <https://doi.org/10.3390/foods2020198>.
6. Udeozor, L.O. Tigernut-soy milk drink: pre-paration, proximate composition and sensory qualities / L.O. Udeozor // *International Journal of Food and Nutrition Science*. – 2012. – V. 1. – № 4. – P. 18–26.
7. Alozie, Y.E. Nutritional and sensory proper-ties of almond (*Prunus amygdalu Var. Dulcis*) seed milk / Y.E. Alozie, U.S. Udofia // *World Journal of Dairy & Food Sciences*. – 2015. – V. 10 (2). – P. 117–121, doi: 10.5829/idosi.wjdfs.2015.10.2.9622.
8. Zahra, A.K. Influence of processing conditions on the physicochemical and sensory properties of sesame milk: a novel nutritional beverage / A.K. Zahra, M. Varidi, M.J. Varidi, H. Pourazarang // *LWT – Food Science and Technology*. – 2014. – V. 57. – Iss. 1. – P. 299–305, doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.028.
9. Diarra, K. Peanut milk and peanut milk based products production: a review / K. Diarra, G.N. Zhang, J. Chen // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2005. – V. 45 (5). – P. 405–423, doi.org/10.1080/10408390590967685.
10. Bastioğlu, A.Z. Spray dried melon seed milk powder: physical, rheological and sensory properties / A.Z. Bastioğlu, D. Tomruk, M. Koç, F.K. Ertekin // *Journal of Food Science and Technology*. – 2016. – V. 53 (5). – P. 2396–2404, doi.org/10.1007/s13197-016-2214-z.
11. Plant-based milk alternatives // *Food Standards Australia New Zealand*. – June 2016.
12. Okorie, S.U. Effect of blending and storage conditions on the microbial quality and sensory characteristics of soy-tiger nut milk beverage / S.U. Okorie, I.I. Adedokun, N.H. Duru // *Food Science and Quality Management*. – 2014. – V. 31. – P. 96–103.
13. Храпцов А.Г., Жилина М.А., Нестеренко П.Г. и др. Напитки нового поколения из молочной сыворотки // *Молочная промышленность*. – 2006. – № 6. – С. 87.
14. <https://hi-chef.ru/product/syvorotka/> – 22.01.2023

References

1. Granato, D. Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products / D. Granato, G.F. Branco, F. Nazzaro, A.G. Cruz, J.A. Faria // *Comprehensive Reviews*

in Food Science and Food Safety. – 2010. – V. 9. – № 3. – P. 292–302, doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00110.x.

2. Min, M. Non-dairy probiotic food products: An emerging group of functional foods / M. Min, C.R. Bunt, S.L. Mason, M.A. Hussain // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2018. – V. 58. – P. 1–16, doi: 10.1080/10408398.2018.1462760.

3. Wong, V. Soy milk fades as americans opt for drinkable almonds / V. Wong // Business Week. – 22.08.2013.

4. Kolapo, A.L. Production and quality evaluation of soy-corn milk / A.L. Kolapo, G.R. Oladimeji // Journal of Applied Biosciences. – 2008. – V.1 (2). – P. 40–45.

5. Jiang, S. Food quality improvement of soy milk made from short-time germinated soybeans / S. Jiang, W. Cai, B. Xu // Foods. – 2013. – V. 2. – P. 198–212, <https://doi.org/10.3390/foods2020198>.

6. Udeozor, L.O. Tigernut-soy milk drink: pre-paration, proximate composition and sensory qualities / L.O. Udeozor // International Journal of Food and Nutrition Science. – 2012. – V. 1. – № 4. – P. 18–26.

7. Alozie, Y.E. Nutritional and sensory proper-ties of almond (*Prunus amygdalu Var. Dulcis*) seed milk / Y.E. Alozie, U.S. Udofia // World Journal of Dairy & Food Sciences. – 2015. – V. 10 (2). – P. 117–121, doi: 10.5829/idosi.wjdfs.2015.10.2.9622.

8. Zahra, A.K. Influence of processing conditions on the physicochemical and sensory properties of sesame milk: a novel nutritional beverage / A.K. Zahra, M. Varidi, M.J. Varidi, H. Pourazarang // LWT – Food Science and Technology. – 2014. – V. 57. – Iss. 1. – P. 299–305, doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.028.

9. Diarra, K. Peanut milk and peanut milk based products production: a review / K. Diarra, G.N. Zhang, J. Chen // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2005. – V. 45 (5). – P. 405–423, doi.org/10.1080/10408390590967685.

10. Bastioğlu, A.Z. Spray dried melon seed milk powder: physical, rheological and sensory properties / A.Z. Bastioğlu, D. Tomruk, M. Koç, F.K. Ertekin // Journal of Food Science and Technology. – 2016. – V. 53 (5). – P. 2396–2404, doi.org/10.1007/s13197-016-2214-z.

11. Plant-based milk alternatives // Food Standards Australia New Zealand. – June 2016.

12. Okorie, S.U. Effect of blending and storage conditions on the microbial quality and sensory characteristics of soy-tiger nut milk beverage / S.U. Okorie, I.I. Adedokun, N.H. Duru // Food Science and Quality Management. – 2014. – V. 31. – P. 96–103.

13. Khramtsov A.G., ZHilina M.A., Nesterenko P.G. i dr. Napitki novogo pokoleniya iz molochnoj syvorotki [Next generation whey drinks]. Molochnaya promyshlennost'. 2006. no. 6. pp. 87.

14. <https://hi-chef.ru/product/syvorotka/> – 22.01.2023

Авторлар туралы мәліметтер

Хастаева Айгерим Жанузаковна – phd, Қазақ технология және бизнес университеті; Қазақстан, Астана қ., e-mail: gera_or@mail.ru;

Бектурганова Альмира Ануарбековна – т.ғ.к., қауым.профессор. Қазақ технология және бизнес университеті; Қазақстан, Астана қ., e-mail: 1968all@mail.ru;

Омаралиева Айгуль Махмудовна – т.ғ.к., қауым.профессор. Қазақ технология және бизнес уни-верситеті; Қазақстан, Астана қ., e-mail: aigul-omar@mail.ru;

Сериков Алмас Жанузакович – т.ғ.м., Қазақ технология және бизнес университеті; Қазақстан, Астана қ., e-mail: Almas.serikov.zh.@mail.ru;

Суюндық Райымбек Конакбайұлы – магистрант, Қазақ технология және бизнес университеті; Қазақстан, Астана қ.

Information about the authors

Khastaeva Aigerim Zhanuzakovna – phd, Kazakh University of Technology and Business, Kazakhstan, Astana, e-mail: gera_or@mail.ru;

Bekturganova Almira Anuarbekovna – candidate of technical sciences, associate professor, Kazakh University of Technology and Business, Kazakhstan, Astana, e-mail: 1968all@mail.ru;

Omaraliyeva Aigul Makhmudovna – candidate of technical sciences, associate professor, Kazakh University of Technology and Business; Kazakhstan, Astana, e-mail: aigul-omar@mail.ru.

Serikov Almas Zhanuzakovich- Master of Technical Sciences, Kazakh University of Technology and Business; Kazakhstan, Astana, e-mail: Almas.serikov.zh.@mail.ru;

Suyundyk Raiymbek Konakbayuly – master’s student, Kazakh University of Technology and Business, Kazakhstan, Astana

Экономика, бизнес и услуги

МРНТИ 06.01.45

<https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.18-63>

МОДЕЛЬ ИММИТАЦИИ СТАТИСТИКИ ПРЕДПРИЯТИЙ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

К.К.Бельгибаева, С.Б.Касымова

Казахский университет технологии и бизнеса, г.Астана,

Казахстан, e-mail: belgibaeva_k@mail.ru

В статье рассматривается модель иммитации статистики предприятий в высшей школе в аудитории и в формате онлайн. Актуальность и своевременность рекомендуемого метода обусловлены необходимостью подготовки квалифицированных специалистов-экономистов для дальнейшей работы на предприятиях, условиями пандемии и постпандемии, невозможностью большинства работодателей принять студентов практиковаться на рабочих местах в предприятии.

Статистика предприятий изучает количественную сторону качественно-определенных, массовых экономических процессов, происходящих в производственно-финансовой деятельности предприятия. Количественные данные необходимы для оценки, анализа, планирования, прогнозирования всех сторон деятельности предприятия. Предмет статистики предприятий служит важным ядром экономической науки.

Применены общенаучные методы познания: анализ, синтез, обобщение, обзор, систематизация данных.

Оригинальность работы. Предложена впервые методика организации учебной практики, имитирующая учетную статистическую деятельность, для студентов всех экономических специальностей высшего учебного заведения. Трудовые отношения между работниками мы смоделировали в системе «предприятие – департамент статистики». Взаимодействия участников регламентировались правилами государственной статистики Казахстана. Научно-методическое руководство за процесс воспроизведения учетной деятельности предприятия, этапы организации и проведения учебной практики осуществляли преподаватели. Студенты выполняли практические роли и функции специалистов.

Полученные результаты позволили обучающимся развивать коммуникативные способности, общаясь между собой, освоить профессиональные компетенции, получить определенный объем знаний о статистических показателях и данных, характеризующих основные объекты экономической деятельности предприятия.

Практическая ценность статьи заключается в том, что предлагаем использовать в качестве научно-методического руководства для воплощения учебной практики в аудитории и в онлайн режиме преподавателям и администраторам университетов.

Ключевые слова: имитация; предприятие; трудовые отношения; учебная практика; преподаватель; студент

ЖОҒАРЫ МЕКТЕПТЕГІ КӘСІПОРЫНДАРДЫҢ СТАТИСТИКАСЫН МОДЕЛЬДЕУ МОДЕЛІ

К.К. Бельгибаева, С.Б.Касимова

Қазақ технология және бизнес университеті, Астана қ.,
Қазақстан, e-mail: belgibaeva_k@mail.ru

Мақалада аудиториядағы және онлайн форматтағы жоғары мектептегі кәсіпорындардың статистикасын модельдеу моделі қарастырылады. Ұсынылған әдістің өзектілігі кәсіпорындарда одан әрі жұмыс істеу үшін білікті экономист-мамандарды даярлау қажеттілігіне, пандемия мен пандемиядан кейінгі жағдайларға, жұмыс берушілердің көпшілігінің студенттерді кәсіпорындағы жұмыс орындарында тәжірибеден өткізе алмауына байланысты.

Кәсіпорындардың статистикасы кәсіпорынның өндірістік және қаржылық қызметінде болып жатқан сапалық анықталған, жаппай экономикалық процестердің сандық жағын зерттейді. Сандық деректер кәсіпорынның барлық аспектілерін бағалау, талдау, жоспарлау, болжау үшін қажет. Кәсіпорындар статистикасының пәні экономикалық ғылымның маңызды өзегі болып табылады.

Танымның жалпы ғылыми әдістері қолданылады: талдау, синтез, жалпылау, шолу, деректерді жүйелеу.

Жұмыстың өзіндік ерекшелігі. Бірінші рет жоғары оқу орнының барлық экономикалық мамандықтарының студенттері үшін есептік статистикалық қызметті имитациялайтын оқу практикасын ұйымдастыру әдістемесі ұсынылды. Қызметкерлер арасындағы еңбек қатынастарын біз «кәсіпорын – статистика департаменті» жүйесінде модельдедік. Қатысушылардың өзара іс-қимылы Қазақстанның мемлекеттік статистика ережелерімен реттелді. Кәсіпорынның есептік қызметін жаңғырту процесіне, оқу практикасын ұйымдастыру және өткізу кезеңдеріне ғылыми-әдістемелік басшылықты оқытушылар жүзеге асырды. Студенттер мамандардың практикалық рөлдері мен функцияларын орындады.

Алынған нәтижелер білім алушыларға өзара қарым-қатынас жасай отырып, коммуникативтік қабілеттерін дамытуға, кәсіби құзыреттіліктерді игеруге, кәсіпорынның экономикалық қызметінің негізгі объектілерін сипаттайтын статистикалық көрсеткіштер мен деректер туралы белгілі бір білім алуға мүмкіндік берді.

Мақаланың практикалық құндылығы мынада: біз оқу тәжірибесін аудиторияда және университет оқытушылары мен әкімшілеріне онлайн режимінде жүзеге асыру үшін ғылыми-әдістемелік нұсқаулық ретінде пайдалануды ұсынамыз.

Түйінді сөздер: имитация; кәсіпорын; оқу практикасы; оқытушы; студент; еңбек қатынастары.

SIMULATION MODEL OF ENTERPRISE STATISTICS IN HIGHER EDUCATION

K.K. Belgibaeva, S.B. Kasymova

Kazakh University of Technology and Business, Astana,
Kazakhstan, e-mail: belgibaeva_k@mail.ru

The article considers a model of imitation of enterprise statistics in higher education in the classroom and in online format. The relevance and timeliness of the recommended method are due to the need to train qualified economists for further work at enterprises, the conditions of the pandemic and post-pandemic, the inability of most employers to accept students to practice at workplaces in the enterprise.

Enterprise statistics studies the quantitative side of qualitatively defined, mass economic processes occurring in the production and financial activities of the enterprise. Quantitative data is necessary for the assessment, analysis, planning, forecasting of all aspects of the company's activities. The subject of enterprise statistics serves as an important core of economic science.

General scientific methods of cognition are applied: analysis, synthesis, generalization, review, systematization of data.

The originality of the work. For the first time, a methodology for organizing educational practice, simulating accounting statistical activity, is proposed for students of all economic specialties of a higher educational institution. We have modeled labor relations between employees in the "enterprise – statistics department" system. The interactions of the participants were regulated by the rules of the state statistics of Kazakhstan. Scientific and methodological guidance *for the* process of reproducing the accounting activities of the enterprise, the stages of organizing and conducting educational practice were carried out by teachers. Students performed practical roles and functions of specialists.

The obtained results allowed students to develop communicative abilities, communicating with each other, master professional competencies, gain a certain amount of knowledge about statistical indicators and data characterizing the main objects of economic activity of the enterprise.

The practical value of the article lies in the fact that we propose to use it as a scientific and methodological guide for the implementation of educational practice in the classroom and online for university teachers and administrators.

Keywords: imitation; company; educational practice; teacher; student; labor relations

Введение. Актуальность внедрения имитационной технологии обучения обусловлена подготовкой квалифицированных специалистов для дальнейшей работы на предприятиях в современных условиях.

Имитация в переводе с латинского *imitatio* означает «подражание» кому-либо, чему-либо, а также, близкие по значению трактовки, как уподобление, воспроизведение, повторение, копия, подделка, подмена,

моделирование.

Своевременность организации учебной практики в аудитории и в формате онлайн обусловлены рядом объективных причин, возникавших исторически за ряд лет.

Во-первых, учебная практика в вузе составляет основную часть процесса подготовки специалистов для дальнейшей работы на предприятиях.

Во-вторых, при изучении экономических дисциплин, написании курсовых и дипломных работ требуется достаточный объем статистических показателей.

В-третьих, необходимо получить профессиональные практические навыки и умения в области учетной статистической деятельности в системе «предприятие–департамент статистики (города, области)».

В-четвертых, в связи с *невыполнимостью руководителями большинства предприятий*, а с 2019г. еще и из-за усложнившихся периодов пандемии COVID-19 и постпандемии не представляется возможным организовать и пройти учебную практику непосредственно в стенах предприятия.

В сложившихся условиях, перед нами была поставлена гипотеза: Возможно ли провести учебную практику в стенах университета?

Цель настоящего исследования – изложить первый опыт разработки и апробации модели имитации учебной практики в аудитории и дистанционно в онлайн формате для студентов всех экономических специальностей высшего учебного заведения.

Материалы и методы. В процессе работы использованы методы: анализ, синтез, обобщение, систематизация данных. Научно-информационную основу работы составили научные труды, методические разработки ученых, посвященные имитациям, имитационному моделированию, материалы Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан.

Обзор литературы. Имитационные модели применяются во многих областях науки: в военном искусстве [1], психологии и социологии [2], образовании [3, 4, 5], экономических системах [1, 6, 7], в бизнесе [8, 9]. Так, под имитацией образовательных программ Селиверстова Н.А. понимает: «подмену

действий, с одной стороны, преподавателем университета по передаче комплекса знаний... с другой стороны, студентом по освоению знаний» [4, с.67-68]. Имитацией в высшем образовании Амбарова П.А., Зборовский Г.Е. считают действия субъекта, социальной группы, которые «подменяются, замещаются и искажаются их формальным воспроизведением». [5, с.90].

Имакаева Д. А., Суменков М.С., Суменков С.М., Новикова Н.Ю., Бабина О.И., Jackson I. применили имитационное моделирование к таким моделям, в которых взаимодействие между элементами объекта описаны математическими формулами с помощью компьютера [6, 7, 8, 9, 10].

По статистическому учету в открытой печати имитационные модели отсутствуют, необходимость в которой существует. Первым автором данной статьи была апробирована учебная практика *в аудитории* как деловая игра для студентов специальности «Статистика» в Университете Нархоз (г. Алматы) в 2017-2018 гг. [11]. На этой базе нами предлагается впервые методика организации учебной практики *в режиме онлайн* для обучающихся всех экономических специальностей: экономика, учет и аудит, менеджмент, финансы, государственное и местное управление.

Форма проведения учебной практики – онлайн или учебная аудитория. Место прохождения практики – вуз, кафедра. Предмет практики-экономическая, финансовая, юридическая информация, представленная в статистической отчетности.

Учебная практика нацелена на практическое ознакомление студентов с организацией учета и составлением различных форм статистической отчетности на основе имитации функций специалистов предприятия.

В качестве модели имитации выступает конкретное предприятие – учетная еди-

ница и совокупность трудовых отношений, возникающих в процессе учетно-статистической деятельности.

Предмет имитации-показатели и данные, фиксируемые в статистической отчетности предприятия.

Научно-методическое руководство учебной практикой студентов осуществляет преподаватель кафедры-руководитель учебной практики.

Воспроизведены процессы учетно-статистической деятельности, профессиональные практические функции работников и

специалистов предприятия. Студенты выполняют профессиональные роли: в департаменте – руководитель, на предприятии – стажер-бухгалтер, специалист, главный специалист, ведущий специалист, главный бухгалтер, руководитель предприятия. Они заполняют все выполняемые работы в дневник по практике, затем составляют отчет.

Тем самым, моделируются трудовые отношения между работниками в системе «предприятие – департамент статистики», представленные в виде схемы 1.

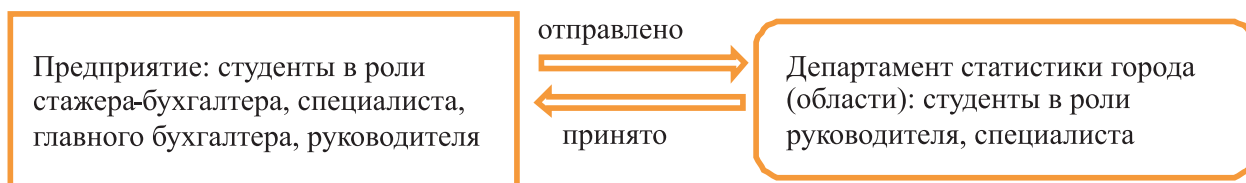


Рис. 1 – Взаимодействия между работниками предприятия и департаментом статистики

*Примечание – составлено авторами**

Взаимодействия участников регламентируются правилами государственной статистики Казахстана [12-14]:

1. Государственная статистика нацелена на формирование статистики предприятий, разработки системы показателей для комплексной характеристики их деятельности и интегрированных форм государственной статистической отчетности.

2. Сведения в формы статистической отчетности записываются с первичных учетных документов.

3. Статистический отчет подписывается тремя лицами.

4. Статистический отчет сдается в установленные сроки в соответствующее управление Департамента статистики (города, области).

5. Ответственность

Результаты и обсуждение. Приведем результаты по двум дням учебной практики.

Первый день практики. Тема: Организация статистической отчетности. Составляет фундамент всей статистической работы, каждого учетного работника.

Цель первого дня практики – развить готовность студента к самостоятельной учетной деятельности, к коммуникабельному поведению, проявить профессиональную компетентность в работе с цифрами.

Задачи первого дня практики:

1. Усвоить требования ведения и сдачи учетной документации.

2. Знать типы ошибок при заполнении статистической отчетности, источники их возникновения (схема 2).

Ошибки статистических данных	
Репрезентативности	Наблюдения
	Регистрации
Случайные (непреднамеренные)	
Систематические (тенденциозные)	

Рис. 2 – Типы ошибок статистических данных

Примечание – составлено авторами на основе источника [15, с.72-73].

Владеть методами контроля для предупреждения ошибок, проверки заполнения и достоверности статистической отчетности. К таким методам относятся: визуальный, логический, арифметический.

Следующие дни практики посвящены статистической отчетности определенной формы, к примеру №1-пф «Отчет о производственно-финансовой деятельности» за год

Цель второго и последующих дней практики – выработать практические навыки по заполнению первичной (оперативной) и статистической отчетности на примере конкретного предприятия с позиций требований ведения учетной документации.

Задачи практики:

– закрепить и углубить знания студентов, полученные ими в ходе теоретических и практических занятий по общественным и экономическим дисциплинам;

– распечатать с официального Сайта Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан типовую форму, инструкцию по ее заполнению [14];

– ознакомиться с основными положениями, законами, инструкциями, применяемыми в учетной деятельности;

– заполнить форму статистической отчетности из данных приложения;

– обрести навыки работы со статистической отчетностью;

– проверить правильность заполнения формы статистической отчетности с приме-

нением визуального, логического, арифметического контроля;

– сдать статистическую отчетность в соответствующее управление Департамента статистики;

– написать аналитический отчет (записку) о найденных ошибках при составлении отчета; о взаимосвязях показателей в отчете; о применении методов анализа к данным отчета (отчетов).

Практические предложения. Работа и роль ведущего преподавателя сводится к процессу воспроизведения учетной деятельности предприятия!

Составные части и задачи данного процесса:

1. Организовать пространство:

- группы, участники,
- создать комплект методического материала, включая приложения;
- раздать методические указания и задания;
- проинструктировать студентов о том, из какого источника и как они могут распечатать надлежащие формы статистической отчетности и инструкции к ним;
- убедиться, что студенты начали работать и делают то, что нужно.

2. Координация работы над разработкой, процессом заполнения конкретной формы статистического отчета, ее сдачи и приемки в управление Департамента статистики (города, области):

- контроль времени, порядка проведения;

- наблюдение за группой, активное слушание, уточняющие вопросы, отслеживание рассуждений, предположений, вмешательства только при необходимости;
- оформление и прием отчета, дневника по практике;
- мотивация студентов на включенную работу;
- подготовка к дискуссии.

3. Модерация:

- проверить результаты работы студентов;
- подвести итоги с обсуждением компетенции каждого студента и всей группы;
- помочь сделать выводы;
- дать обратную связь, студенты должны осмыслить свои сильные и слабые стороны;
- сравнить полученные результаты групп студентов между собой;
- соревновательность служит хорошим стимулом для студентов, активизирует их познавательную деятельность
- наиболее успешным студентам можно вручить сертификаты;
- попросить выступить студентов, заработавших максимальное количество баллов, о своих впечатлениях, как они достигли таких результатов, дать свои предложения о форме прохождения учебной практики, ее улучшении.

Преподаватель-руководитель учебной практики инструктирует студентов, где можно взять официально утвержденные формы статистической отчетности. Для этого нужно воспользоваться официальным интернет ресурсом <https://stat.gov.kz/>, на верхней панели кликаем «Для респондентов», затем Статистические формы <https://stat.gov.kz/respondent/form>, далее нажимаем на соответствующую форму отчетности и инструкцию к ней.

Руководитель практики также разрабатывает приложения в виде таблиц, имити-

рующих данные оперативной отчетности с последующим заполнением их в статистический отчет. Макет таблицы должен быть приближен к форме статистического отчета.

Выводы. Главная гипотеза, идея исследования сводится к тому, что в современных условиях модель имитации учебной практики применима в высшем учебном заведении, как в аудитории, так и дистанционно в онлайн формате. Первый опыт показал, что внедрение и реализация имитационной технологии вносит вклад в практику имитаций, повышает эффективность образовательного процесса на основе:

1) развития профессиональных качеств учетного сотрудника, коммуникации путем усвоения требований ведения, заполнения, контроля и сдачи учетной документации в управление (департамент) статистики;

2) моделирования трудовых отношений студентов между собой в процессе имитации учетных сотрудников и руководящего состава организации;

3) освоения методов сбора, контроля, обработки, анализа массовой экономической информации;

4) умения исчислять и объяснять статистические показатели, формулировать выводы;

5) расширения объема знаний о показателях, характеризующих основные объекты экономической деятельности предприятия;

6) представления о подходах к изучению производственно-финансовой деятельности предприятия;

7) выявления и определения из множества показателей те из них, которые необходимо использовать для решения задач оперативного и эффективного управления производственно-финансовой деятельностью предприятий.

Рекомендации. В перспективе, рекомендуемое авторами научно-методическое руководство способствует материализации учебной практики преподавателям и администраторам университетов и расширением области применения методов прогнозирования и моделирования к данным статистической отчетности.

Литература

1. Бельчиков Я.М., Бирштейн М.М. Деловые игры. – Рига: АВОТС, 1989 – 304 с.
2. Красавина Е.В. Формы социальной адаптации: имитация-подражание и имитация-симулякр. – М: Вестник МГУ, сер.18. Социология и политология, 2012, № 4, с.93-103.
3. Лаврентьев Г.В., Лаврентьева Н.Б. Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов. – Барнаул: Изд-во Алтайского государственного университета, 2002. – 146 с.
4. Селиверстова Н.А. Имитации в высшей школе: следствие модернизации. – М.: Образование и образованный человек в XXI веке, 2019, № 4, с.65-77.
5. Амбарова П.А., Зборовский Г.Е. Имитации в высшем образовании как социальная проблема//Высшее образование в России, 2021., Т.30, № 5, с.88-106
6. Блинов А.О., Анопченко Т.Ю., Алешин В.А. Менеджмент: кейсы, тренинг и деловые игры. – Москва, 2012.-289с.
7. Имакаева Д. А. Имитационное моделирование при экономической оптимизации. // Проблемы экономики и юридической практики, 2017, № 4, с.10-14.
8. Суменков М.С., Суменков С.М., Новикова Н.Ю. Имитационная модель принятия решений и оценки экономической деятельности предприятия. // Экономические науки, 2012, 3(88), с.100-103.
- 9.Бабина О.И. Имитационная модель склада промышленного предприятия по производству бетона // Бизнес-информатика. 2015. № 1 (31). С. 41–50.
10. Jackson I. Комбинация имитационного моделирования и генетического алгоритма для решения задач оптимизации стохастической многопродуктовой системы управления запасами //Вестник КазНУ. Серия Экономическая, [S.l.], v. 130, n. 4, p. 96-102, dec. 2019.
11. Бельгибаева К.К. Деловые игры: « Я – статистик». Методические указания для студентов очной формы обучения специальности 5В051200 «Статистика» по прохождению учебной практики. – Алматы: Экономика, 2016.-36с.
12. Закон Республики Казахстан «О государственной статистике» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 11.04.2019 г.)
https://online.zakon.kz/document/?doc_id=30605510 – Дата обращения 04.05.2020.
13. Об утверждении Правил представления респондентами первичных статистических данных от 30.12.2015 № 229.
14. Сайт Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. <https://stat.gov.kz/> – Дата обращения 24.05.2020.
- 15.Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики: Учебник/Под ред. И.И.Елисеевой. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.:Финансы и статистика, 2004.-656с.

References

1. Belchikov Ya.M., Birshtein M.M. Delovye igry/ Riga: AVOTS, 1989, 304s.
2. Krasavina E.V. Formy sotsialnoi adaptatsii: imitatsiya-podrazhanie i imitatsiya-simulyakr (Forms of social adaptation: imitation-imitation and imitation-simulacrum), M: Bulletin of Moscow State University, ser. 18. Sociology and Political Science, 2012, No. 4, pp. 93-103.
3. Lavrentev G.V., Lavrenteva N.B. Innovatsionnye obuchayushchie tekhnologii v professionalnoi podgotovke spetsialistov (Innovative teaching technologies in professional training of specialists), Barnaul: Altai State University Publishing House, 2002. — 146 s.
4. Seliverstova N.A. Imitations in higher education: a consequence of modernization. M.: Education and an educated person in the XXI century, 2019, № 4, s.65-77.
5. Ambarova P.A., Zborovskij G.E. Imitacii v vysshem obrazovanii kak social'naya problema// Vyshee obrazovanie v Rossii, 2021. T.30, № 5, s.88-106
6. Blinov A.O., Anopchenko T.Yu., Aleshin V.A. Menedzhment: keisy, trening i delovye igry Moscow, 2012, 289 s.
7. Imakaeva D. A. Imitatsionnoe modelirovanie pri ekonomicheskoi optimizatsii. Problems of Economics and Legal Practice, 2017, № 4, s.10-14.
8. Sumenkov M.S., Sumenkov S.M., Novikova N.Yu. Imitatsionnaya model prinyatiya reshenii i otsenki ekonomicheskoi deyatelnosti predpriyatiya. Economic sciences, 2012, 3(88), s.100-103.
9. Babina O.I. Imitatsionnaya model' sklada promyshlennogo predpriyatiya po proizvodstvu betona // Biznes-informatika. 2015. № 1 (31). S. 41–50.
10. Jackson I. Kombinatsiya imitatsionnogo modelirovaniya i geneticheskogo algoritma dlya resheniya zadach optimizatsii stohasticheskoy mnogoproduktovoy sistemy upravleniya zapasami // Vestnik KazNU. Seriya Ekonomicheskaya, [S.I.], V. 130, n. 4, p. 96-102, dec. 2019.
11. Belgibaeva K.K. Delovye igry: «YA – statistik». Metodicheskie ukazaniya dlya studentov ochnoj formy obucheniya special'nosti 5V051200 «Statistika» po prohozheniyu uchebnoj praktiki. – Almaty: Ekonomika, 2016.-36 s.
12. Zakon Respubliki Kazakhstan «O gosudarstvennoi statistike» (s izmeneniyami i dopolneniyami po sostoyaniyu na 11.04.2019 g.) https://online.zakon.kz/document/?doc_id=30605510 – Data of application 04.05.2020
13. Ob utverzhdenii Pravil predstavleniya respondentami pervichnykh statisticheskikh dannykh ot 30.12.2015 № 229
14. Sait Byuro natsionalnoi statistiki Agentstva po strategicheskomu planirovaniyu i reformam Respubliki Kazakhstan). <https://stat.gov.kz/> – Data of application 04.05.2020
15. Eliseeva I.I., Yuzbashev M.M. Obshchaya teoriya statistiki: Uchebnik/Pod red. I.I.Eliseevoj. – 5-e izd., pererab. i dop. – M.:Finansy i statistika, 2004.-656s.

Сведения об авторах

Бельгибаева Куралай Канашевна – Казахский университет технологии и бизнеса, к.э.н., доцент ВАК, Астана, Казахстан, belgibaeva_k@mail.ru

Касымова Санимкуль Бахытжановна – Казахский университет технологии и бизнеса, магистр, Астана, Казахстан, Sanim_81@list.ru

Information about the authors:

Belgibayeva Kuralai Kanashevna – Kazakh University of Technology and Business, Candidate of Economics, Associate Professor, Astana, Kazakhstan, belgibaeva_k@mail.ru

Kasymova Sanimkul Bakhytzhonovna – Kazakh University of Technology and Business, Master's degree, Astana, Kazakhstan, Sanim_81@list.ru

IRSTI 06.39.31

<https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.18-70>

THE COVID-19 PANDEMIC AS A STRESS TEST OF THE MANAGEMENT SYSTEM IN MODERN REALITIES

Baktymbet A.S.¹, Utilov M.N.¹, Shmarlovskaya G.A.²

Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan¹,

Belarusian State Economic University, Minsk, Republic of Belarus²

Asem_abs@mal.ru

The COVID-19 pandemic has significantly transformed organizations around the world. Due to the constantly changing situation and the emergence of new threats, the methods of enterprise management are undergoing significant changes to adapt to new conditions. One of the most notable innovations was the massive shift of companies to telecommuting. The result of this transition is quite significant changes in management practices that require serious analysis and reflection. It is therefore necessary to understand the essence of the changes, the extent to which these changes are in line with the trends, their sustainability, and the prospects for their further application.

The COVID-19 pandemic played a role of stress test for enterprise management systems and revealed several problems.

This article analyzed the problems of the company management system caused by the coronavirus pandemic. It has been demonstrated that mass introduction of remote work has prospects of further development. The changes in the functions of managers and in the structures of management of companies have been studied. Possibilities of broad development of self-government have been considered.

Keywords: pandemic, stress test, management, activity, enterprise, remote work, crisis, personnel.

COVID-19 ПАНДЕМИЯСЫ ҚАЗІРГІ ЗАМАНДАҒЫ МЕНЕДЖМЕНТ ЖҮЙЕСІНІҢ СТРЕСС-ТЕСТІ РЕТІНДЕ

Бактымбет А.С.¹, Утилов М.Н.¹, Шмарловская Г.А.²

Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан¹,

Беларусь мемлекеттік экономикалық университеті, Минск, Беларусь Республикасы²

Asem_abs@mal.ru

COVID-19 пандемиясы бүкіл әлемдегі ұйымдардың қызметін айтарлықтай өзгертті. Жағдайдың үздіксіз өзгеруіне және жаңа қауіптердің пайда болуына байланысты кәсіпорындарды басқару әдістері жаңа жағдайларға бейімделу мақсатында айтарлықтай өзгерістерге ұшырайды. Ең маңызды жаңалықтардың бірі компаниялардың қашықтан жұмыс істеуге жаппай көшуі болды. Бұл ауысудың нәтижесі менеджмент тәжірибесіндегі айтарлықтай өзгерістер болып табылады, олар байыпты талдау мен түсінуді қажет етеді. Осыған байланысты, өзгерістердің мәні неде екенін, осы түрлендірулер қазіргі тенденцияларға қаншалықты сәйкес келетінін, олардың қаншалықты тұрақты екенін, оларды одан әрі қолдану-

дың болашағы қандай екенін түсіну қажет.

COVID-19 пандемиясы кәсіпорындарды басқару жүйелері үшін ерекше стресс-тест рөлін атқарды және бірқатар проблемаларды ашты.

Бұл мақалада коронавирустық пандемиядан туындаған компанияларды басқару жүйесінің проблемалары талданды. Қашықтан жұмыс істеуді жаппай енгізу одан әрі дамуының болашағы бар екендігі көрсетілді. Менеджерлердің функциялары мен компанияларды басқару құрылымдарында болған өзгерістер зерттелді. Өзін-өзі басқаруды кеңінен дамыту мүмкіндіктері қарастырылған.

Негізгі сөздер: пандемия, стресс-тест, менеджмент, қызмет, кәсіпорын, қашықтан жұмыс, дағдарыс, қызметкерлер.

ПАНДЕМИЯ COVID-19 КАК СТРЕСС-ТЕСТ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА В СОВРЕМЕННЫХ РЕАЛИЯХ

Бактымбет А.С.¹, Утилов М.Н.¹, Шмарловская Г.А.²

Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана, Казахстан¹,

Белорусский Государственный Экономический Университет, г. Минск, Республика Беларусь²

Asem_abs@mal.ru

Пандемия COVID-19 существенно изменила деятельность организаций во всем мире. В связи с непрерывным изменением ситуации и появлением новых угроз, методы управления предприятий претерпевают значительные изменения с целью адаптации к новым условиям. Одним из наиболее заметных нововведений стал массовый переход компаний на удаленную работу. Результатом данного перехода являются довольно существенные изменения в практике менеджмента, которые требуют серьезного анализа и осмысления. В связи с этим, необходимо понять, в чем заключаются суть изменений, в какой мере данные преобразования соответствуют сложившимся тенденциям, насколько они устойчивы, каковы перспективы их дальнейшего применения.

Пандемия COVID-19 сыграла роль своеобразного стресс-теста для систем менеджмента предприятий и вскрыла ряд имеющихся проблем.

В данной статье были проанализированы проблемы системы менеджмента компаний, вызванные пандемией коронавируса. Продемонстрировано, что массовое внедрение удаленной работы имеет перспективы дальнейшего развития. Изучены произошедшие изменения в функциях менеджеров и в структурах управления компаниями. Рассмотрены возможности широкого развития самоуправления.

Ключевые слова: пандемия, стресс-тест, менеджмент, деятельность, предприятие, удаленная работа, кризис, персонал.

Introduction. The COVID-19 pandemic show signs of a landscaperscale crisis – an unexpected event or sequence of events of enormous scale and staggering speed, leading

to a high degree of uncertainty. This situation is disorienting, creating a sense of loss of control and a powerful emotional shock.

It is too early to sum up the results of the Covid-19 pandemic, but its various consequences for the global economy have already become quite clear. One of the most notable effects has been the rapid mass transition to remote work. If at first such a transition could seem like superficial fluctuation that does not affect any important characteristics of economic life, today it is clear that this is not the case. As a result of this phenomenon or in connection with it, there have been quite significant changes in management practice that need serious consideration.

The circumstances of the COVID-19 pandemic make extraordinary demands on executives. The global scale of the disease and the absolute unpredictability of the economic situation make business decisions difficult.

Modern conditions serve as a tough exam for the management of companies. Those who passed it successfully have all the chances to successfully overcome the crisis. In turn, the mistakes of top managers and their wrong actions during the crisis inevitably lead to problems and pose risk of bankruptcy. The pandemic has demonstrated the need to develop new approaches to managing companies.

The relevance of the article is that in the modern world economy there is a pronounced need to introduce a well-organized management policy and management economics, based mainly on the management of already implemented socio-economic models and mechanisms, as well as on the constant identification of new ways and solutions in various stages. The correctness of the choice and the correct organization of such management decisions determine the potential success of the organization in overcoming crisis situations.

Materials and methods. Correct strategic planning, which consists in working out probable ways of developing a crisis, is the basis for solving problems that constantly

arise at critical times in the field of managerial economics. It allows the company to quickly reorganize existing mechanisms and introduce progressive solutions to get out of the current situation. With the onset of the crisis, companies are faced with unforeseen expenses, a slowdown in the turnover of financial resources, a decrease in demand for goods and services, as well as other negative consequences associated, among other things, with the economics of management. Managers are faced with a serious task of reconstructing the crisis management system for the current conditions, which consists in constantly improving approaches to economic aspects and administration.

Simultaneous improvement of strategic management processes and methods of anti-crisis stimulation of production significantly reduces the vulnerability of the organization in destabilized times. The crisis is considered in this provision as an event that goes beyond the boundaries of the standard course of economic and political trends, which leads to the instability of the market and organizations. A current example of such an event, of course, can be called a pandemic, which negatively affected all spheres of human activity. The complicated epidemiological situation has dealt a severe blow to the global economy and company management methods. One of the main principles of the plan of anti-crisis economic management lies in the philosophy of the management of companies to overcome crises. To identify solutions in such cases, managers must work at an accelerated pace, as there are time and resource constraints, and all necessary actions and proactive decisions must be taken in a timely and efficient manner.

Results and discussion. The pandemic has shown the need for change in the company's management. Firstly, the middle managers, whose traditional activities have begun to

lose relevance, should be noted in advance that the range of tasks of the members of this group is largely blurred, depending on the characteristics of the organization; What is undeniably universal is only their common role as a kind of intermediary between lower and higher managers. It includes the distribution of top management tasks to subordinates, the creation of the necessary conditions for their work, control over their actions and informing managers about the fulfillment of tasks. Although different types of leaders solve these problems by different methods, significantly differentiating their content, the essence remains practically unchanged. So, remote work has significantly reduced the importance of all these functions.

There are reasons to believe that this is a long-term phenomenon, not limited to the covid period. In support of this position, the executive director of the Future Forum consortium, B. Elliott, gives the following arguments [1]: the transition from a rigid workday framework to flexible schedules makes it possible to cope much better with a number of problems that are

relevant for employees and for the company as a whole; a significant part of communications is transferred to the digital environment, which simplifies them and makes them more transparent; the widespread use of digital tools facilitates the control. Indeed, businesses have realized that physical presence in the office is not a prerequisite for successful operation; as a result, a study conducted in May 2021 [2] showed that 70% of companies planned to switch to a hybrid model combining office and remote options, and many have already made this transition (for example, Adobe, Salesforce, Spotify, Twitter).

According to the annual report Work Trend Index published in March 2021, 66% of employers around the world are reconfiguring office spaces to accommodate hybrid workplaces. Additionally, the World Trend Index report shows that 73% of workers want to keep the options of distant work. At the same time, the survey illustrates that 67% of employees want more in-person work, which will require employees to return to the offices [3].



Picture 1- The results of Work Trend Index survey [3]

Also, surveys of office workers from 6 countries (USA, UK, France, Germany, Japan, Australia) show that they are ready to maintain a flexible work model even after the pandemic is over [4]. As part of the annual FlexJobs survey, conducted from July to August 2021, 58% of respondents reported that they want to work completely remotely after the pandemic, and 39% – under the conditions of a hybrid model [5]. This implies the prospects for transferring communications and control to a digital environment: if the remote format and flexible schedules are widely distributed, then the mass digitalization of these two functions is inevitable.

However, it would be wrong to say that we are dealing with something fundamentally new: the epidemic spurred on this transformation, made it more visible, but did not become its root cause. Flexible work schedules have been used for several decades in different countries, C. Handy identified the most important advantage of working outside the office is the ability to “reorganize the work process so that it best suits what we want way of life” [6, p. 192].

Personal computers began to influence the work of middle managers from their very appearance in the 80s of the twentieth century, including their interaction with both managers and subordinates. Computers “eliminated some of their functions and changed others, enabling senior managers to receive information directly at their desks directly from the source, instead of filtering it at the level of middle managers” [7, p. 43]. At the same time, “there is no need for scheduling, coordinating work tasks, planning current production tasks, transferring strategic information, since these administrative functions are successfully implemented by computer systems and work groups without the participation of middle management” [6, p. 68]. By the way, it is hardly coincidental that during this period it was “middle managers as

a social group that experienced a particularly strong influence of various economic and technological changes in production” [4, p. 43].

L. Gratton, founder of the HSM consulting company predicted that the classic job of a middle manager would soon disappear, because, on the one hand, new technologies provide instant feedback, and on the other hand, everything self-managed teams are becoming more widespread. Her research showed that Generation Y workers “do not see the point in reporting to someone who simply monitors what they are doing” [8]. Even 10 years earlier, K. Klok and J. Goldsmith announced the inevitability of a radical change in managerial work: “Functions traditionally attributed to the competence of the middle management gradually die off as soon as the organization begins to consistently simplify the management structure and form self-managed teams » [9, p. 109].

Thus, we can talk about the acceleration of long-established trends: history – at least in relation to the area under consideration – has not changed direction, it’s just that the future has come earlier.

On the other hand, managers will not be left without work, just as they were not left without it during the implementation of the ideas of F. Taylor and with each subsequent rethinking of the basics of employee motivation. Traditional tasks are being replaced by new ones: developing operational norms and workflows for their teams that do not depend on synchronous face-to-face communication; remote rallying of teams, which involves “creating and maintaining strong social ties, agreeing on a common mission and vision” [2]. The previously mentioned millennials, rejecting administrative control, highly value “mentoring and coaching from those they respect” [8] – these functions create the basis for effective management in the new conditions and cannot

be shifted to any on whose shoulders.

At the same time, some reduction in the total number of middle managers is still very likely, since the tasks that come to the fore place higher demands on their qualifications, but do not require them. The resources of organizations should be spent “on supporting a small group of passionate leaders” [2], and this happens by saving on transactional leaders, the need for which is reduced. This process, which can be called a vertical contraction of organizations is intensified by their horizontal compression – a reduction in areas of activity and a corresponding decrease in the number of full-time employees due to the transfer of part of the function’s freelancers and outsourcing. “Price wars and the struggle for quality are forcing companies to reduce staff to a minimum number of employees whose only function is to serve the needs of customers, and a small core of managers who perform the functions of finding and retaining consumers” [4, p. 33]. Both processes lead to the fact that organizations become flatter.

The trends under consideration are not universal, manifesting themselves in different ways depending on the characteristics of the country, industry, type of activity, period. Thus, according to a study published in June 2020 by J. Dingel and B. Neiman, in the United States, one of the world leaders in the use of the remote work model, it can be used in 37% of jobs from their total number, primarily – in information technology, education, law, financial transactions, management, architecture and engineering, trade, entertainment, mass media [9]. The global number of freelancers before the pandemic was estimated at 160 million people. [2]; at the beginning of 2020, the total demand for their services fell by 32%, but the market quickly recovered and continued to grow [10].

So, moving to remote work of full-time employees, expanding freelancing and the

formation of self-managed teams – these are three processes that actively influence the activities of middle managers, and they act in the same direction. However, their development does not say anything definite about the expected results since they depend on the specific features of the management paradigm and the context of its implementation.

The pandemic has also raised the issue of employee self-government and management credibility. Leaders need to abandon the seductive in its simplicity ideology of the power vertical, which excludes initiative and implies a lack of trust: “In order for a flat structure to work effectively, you will have to make great efforts and help ordinary employees make the right decisions, and not punish them for mistakes” [11, p. 126]. Indeed, very serious efforts are required here, since it is necessary to create comprehensive conditions for the systematic involvement of employees in management activities and, in addition, to radically change one’s own understanding of this activity. It is difficult to say how much such restructuring is possible within the same person, but in a competitive environment, the effectiveness of the organization takes precedence over the character and persona of the top executive – even if he is also its owner.

Another prerequisite, equally necessary – the willingness of employees to make decisions on their own – is determined by several circumstances, among which again appears trust. We note right away that distrust of the leadership practically excludes such a model: behind any innovations one sees deceit, “following the proposed path is the same as cutting the branch under oneself,” etc. Even if you first accept such a “Trojan horse” as a gift, contradictions will inevitably come out, and the conflict can be unleashed from any side. The opposite situation – significant trust – can lead to two opposite results. On the one

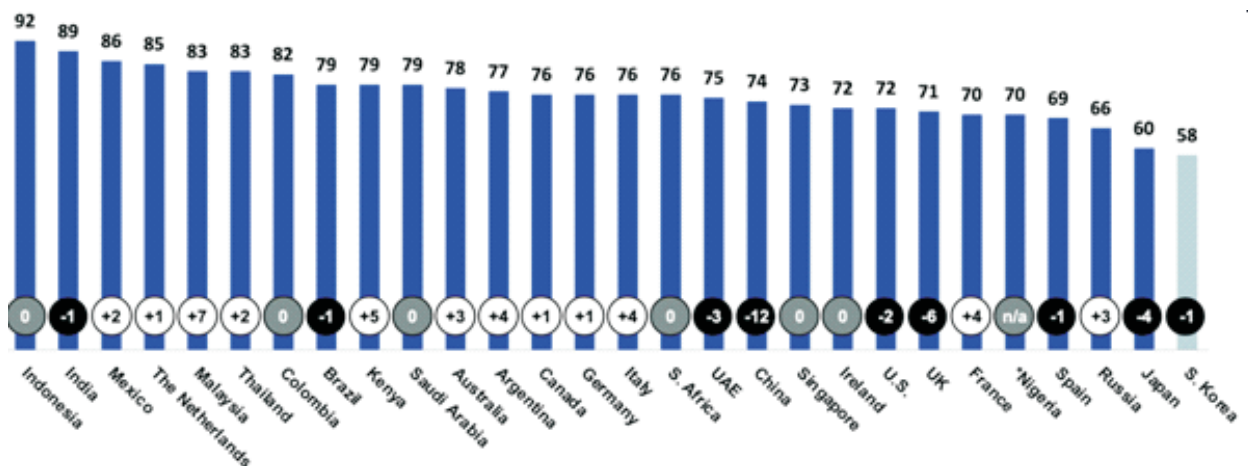
hand, employees do not doubt the seriousness and thoughtfulness of the expressed intentions, that the new management concept will benefit them; on the other hand, in case of their social immaturity, they can, even unconsciously, sabotage its implementation.

K. Klok and J. Goldsmith give an example of an organization where, in connection with the creation of self-managed teams, the middle management was abolished – and this was opposed by employees who were used to receiving detailed instructions and, “feeling their insecurity and certain risks, were seriously concerned about the risks of making mistakes” [6, p. 37-38]. Of course, such curiosities are unpleasant, but the resistance is overcome by enlightenment, if competent explanatory work is carried out; but distrust is more difficult to deal with – it requires, among other things, a long time. Thus, the higher the trust, the greater the chances for the effective use of flat structures and for the positive effect of the implementation of the processes under consideration.

According to the 2021 edition of the annual Edelman Trust Barometer report [12], 76% of survey participants in 28 countries trusted their

employer – this is more than business (61%), non-governmental organizations (57%), government (53%) and the media (51%); by country, this figure ranges from 58% in South Korea to 92% in Indonesia. In terms of personal trust, here, on average, company executives ranked second among their employees (63%) after scientists (73%), ahead of other company executives (48%), journalists (45%), religious leaders (43%) and government leaders (41%). Information from their employer is trusted by 61%; it is noteworthy that only 44% of the respondents trust the information about the company coming from its first person.

The above results suggest that in this aspect there are opportunities for the global application of flat structures, since much more than half of the participants in a representative survey gave the necessary answers for each of the countries, or at least on average for their entire population. And yet, given the inevitable conventionality of such conclusions, it makes sense to supplement the assessment of the situation with a more general characteristic, namely, the average level of trust in public institutions in a given country. But here the



Picture 2 – Trust in my employer in 27 countries [12]

picture changes: separate calculations for advanced participants (criteria: age, education, income, interests) and others revealed, firstly, a significant gap between these two groups (16% on average), second, leadership in both groups of Asian countries (China, India, Indonesia, Saudi Arabia). In addition, almost half of the countries in the second group fell into the zone of distrust (below 50%): these include the UK, the USA, Japan, Brazil, France, etc.

All this remains relevant for management in the absence of constant personal contact with employees, even without flattening the structure. Stating that such organizations are built on trust, Ch. Handy asks a rhetorical question: “But how can you trust someone you don’t know, who is not committed to the goals of the organization, who can let you down?” [11, p. 220-221]. It is difficult to disagree with the fact that “in the absence of a common goal, the private tasks of employees come to the fore. If teleworkers think they are only working to enrich some unknown shareholders, they are unlikely to do more than what is required of them” [11, p. 221-222]. In this regard, however, another question arises: why does an organization need employees to do more than is required? Perhaps this is generally an accidental reservation, which should not be given much importance?

For employees to conscientiously follow the goals and mission of the company, it is required not only to be aware of them, but also to accept them as the highest priorities of their own activities. Neither one nor the other

will arise by itself – independence expands the range of possible actions but does not affect their direction in any way; the idea of self-management, designed to maximize the potential of employees and, thereby, increase the competitiveness of the company, can give rise to separatist sentiments, and ruin the company. It poses new challenges for management.

Conclusion. The global pandemic of coronavirus has affected all spheres of human activity and drew attention to shortcomings and weak links in them. Management decisions taken in such difficult times for all require professionally trained specialists and a qualified management system both at the level of a particular company and at the level of entire countries. The high pace of technological development in the IT sector and communications has opened new opportunities for solving the problems of management economics and ensuring stability at all production levels of organizations.

The COVID-19 pandemic is testing the strength of leaders in companies and organizations in all sectors around the world. Its effects are likely to last longer, and present greater difficulties than initially expected. However, the pandemic has already demonstrated the need for changes in the management of companies. The remote work has development prospects but will entail changes in the company’s management structure. At the same time, remote work raises the issue of self-management, and trust between employees and managers.

References

1. Brian Elliott (2021). Novaya rol' dlya menedzhera srednego zvena. *Harvard Business Review Russia*. <https://big-i.ru/management/upravlenie-izmeneniyami/871646> – Date of application – 28.01.2023
2. Jon Younger (2021). The Global Survey on Freelancing: Overall Results. <https://open-assembly.com/> – Date of application – 28.01.2023
3. Ben Wiseman (2021). The Next Great Disruption Is Hybrid Work – Are We Ready? *Microsoft Work Trend Index Annual Report*. <https://www.microsoft.com/en-us/worklab/work-trend-index/hybrid-work> – Date of application – 28.01.2023
4. Brian Elliott (2021). Hybrid rules: The emerging playbook for flexible work. *Future Forum*. <https://futureforum.com/2021/01/28/hybrid-rules-the-emerging-playbook-for-flexible-work/> – Date of application – 28.01.2023
5. Jessica Howington (2021). Remote Work Statistics: Navigating the New Normal. *Flexjobs*. <https://www.flexjobs.com/blog/post/remote-work-statistics> – Date of application – 29.01.2023
6. Kenneth Cloke, Joan Goldsmith (2002). Konec menedzhmenta i stanovlenie organizacionnoj demokratii.
7. Michael H. Mescon, Michael Albert, Franklin Khedouri (1992). Osnovy menedzhmenta
8. Lynda Gratton (2011). The End of the Middle Manager. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2011/01/column-the-end-of-the-middle-manager> -Date of application – 29.01.2023
9. Jonathan I. Dingel, Brent Neiman (2020). How Many Jobs Can be Done at Home? *Becker Friedman Institute for Economics at Uchicago*. <https://bfi.uchicago.edu> – Date of application – 30.01.2023
10. Kwork (2020). Rynok frilansa 2020: spros na teksty i dizajn, rost srednego zarabotka nesmotrya na pandemiyu. *vc.ru* <https://vc.ru/kwork/192015-rynok-frilansa-2020-spros-na-teksty-i-dizayn-rost-srednego-zarabotka-nesmotrya-na-pandemiyu> – Date of application – 30.01.2023
11. Charles Handy (1998). Vremya bezrassudstva.
12. Edelman (2021). Edelman Trust Barometer 2021. <https://www.edelman.com> – Date of application – 30.01.2023

Information about authors

Baktymbet Asem Serikovna – Candidate of Economics, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business, Asem_abs@mal.ru

Utilov Murat Nurmukhanbetovich – master's degree student, Kazakh University of Technology and Business, utilovmuratkz@gmail.com

Shmarlovskaya Galina Aleksandrovna – Doctor of Economics, Professor, Belarusian State Economic University, galina.shmarlovskaya@gmail.com

IRSTI 06.71.57

<https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.18-80>

GAMBLING BUSINESS AS PART OF KAZAKHSTAN'S TOURISM POTENCIAL

A.B.Yessilov

Kazakh Univercity of Technologies and Business, Astana, Kazakhstan,
esilov@gmail.com

This article examines possibilities of applying gaming industry as a tool for developing the tourism potential of Kazakhstan. It contains a detailed study of experience of foreign countries in regulation of gambling and its impact on the development of tourism in the state. This type of business affects the development of gaming tourism, which in turn can become a means of replenishing the state budget and contribute to the development of inbound tourism, a good example of this fact is the casino in Macau. The development of the tourism industry leads to the expansion of the tourist services provided. Thus, the emergence of tourist services related to gambling, the so-called junket tours, which have long been known in the world, and are quite new for our region. The definition of junket tours is given and features of their practical implementation are analyzed. Results of the Gambling Availability Score rating for residents in individual countries are analyzed. The final part of the article proposes a concept for the development of gambling tourism in the Republic of Kazakhstan for the long-term period, which includes many directions and it is very important to approach this concept comprehensively.

Key words: gamble; tourism; tourism potential; tourism economy; gambling; junket tours; destination; gaming tourism; casino; service; online casino.

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТУРИСТІК ӘЛЕУЕТІНІҢ БІР БӨЛІГІ РЕТІНДЕ ОЙЫН БИЗНЕСІ

А.Б.Есілов

Қазақ Технология және Бизнес Университеті, Астана, Қазақстан,
esilov@gmail.com

Мақалада Қазақстанның туристік әлеуетін дамыту құралы ретінде ойын бизнесін пайдалану мүмкіндіктерін зерттеу жүргізіледі. Ойын бизнесін реттеу және оның мемлекеттегі туризмнің дамуына әсері туралы шет мемлекеттердің тәжірибесіне егжей-тегжейлі зерттеу жүргізілді. Бизнесінің бұл түрі ойын туризмінің дамуына әсер етеді, бұл өз кезегінде мемлекеттік бюджетті толықтырудың құралы бола алады және кіруге ықпал етеді туризм, бұл фактінің жақсы мысалы-Макаодағы казино. Туристік саланың дамуы көрсетілетін туристік қызметтердің кеңеюіне алып келеді. Сонымен, ойын бизнесімен байланысты туристік қызметтердің пайда болуы, әлемге бұрыннан белгілі және біздің аймақ үшін жеткілікті жаңа жанкетт турлары. Жанкет-турлардың анықтамасы келтіріледі және олардың практикада іске асырылу ерекшеліктері талданады. Жекелеген елдердегі тұрғындар үшін құмар ойындарға қолжетімділік рейтингісінің нәтижелері талданады. Мақаланың қорытынды бөлімін-

де Қазақстан Республикасында перспективалық кезеңге арналған құмар ойындар туризмін дамыту тұжырымдамасы ұсынылады, ол көптеген бағыттарды қамтиды және осы тұжырымдамаға кешенді түрде бару өте маңызды.

Негізгі сөздер: құмар ойындар; туризм; туристік әлеует; туризм экономикасы; ойын бизнесі; джанкет-турлар; дестинация; ойын туризмі; казино; сервис; онлайн казино.

ИГОРНЫЙ БИЗНЕС КАК ЧАСТЬ ТУРИСТСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КАЗАХСТАНА

А.Б.Есиллов

Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Республика Казахстан,
esilov@gmail.com

В статье проводится исследование возможностей использования игорного бизнеса как инструмента развития туристского потенциала Казахстана. Проведено подробное исследование опыта зарубежных государств относительно регулирования игорного бизнеса. Данный вид бизнеса влияет на развитие игрового туризма, что в свою очередь может стать средством пополнения государственного бюджета и поспособствовать развитию въездного туризма, хороший пример данному факту является казино в Макао. Развитие туристской отрасли приводит к расширению предоставляемых туристских услуг. Так появление туристских услуг, связанных с игорным бизнесом, так называемых джанкет-туров, давно известных в мире, и достаточно новых для нашего региона. Приводится определение джанкет-туров и анализируются особенности их практической реализации. Анализируются результаты рейтинга доступности гемблинга (Gambling Availability Score) для резидентов в отдельных странах. В заключительной части статьи предлагается концепция развития гемблинг-туризма в Республике Казахстан на перспективный период, которая включает в себя множество направлений и очень важно подойти к данной концепции комплексно.

Ключевые слова: азартные игры; туризм; туристский потенциал; экономика туризма; игорный бизнес; джанкет-туры; дестинация; игровой туризм; казино; сервис; онлайн казино.

Introduction. World experience evidences that gambling as a regulated activity may be an additional source of state budget replenishment and funding for social programs in the field of culture, healthcare and sports, etc. For Kazakhstan, attracting financial resources to support such programs is also an issue of interest. Gambling can become an important driver in increasing incomes at all levels of the budget system and developing the tourism industry. Large-scale casino complexes can act as a kind of attraction points for attracting foreign tourists. As a result, the funds in the

budget may be used to restore infrastructure and tourist facilities, as well as to train personnel. Moreover, the ban on gambling in some countries with strict legal regulation leads to the rise of gambling in neighboring countries with a more loyal attitude towards this industry, consequently leading to an increase in tourist trips with the aim of visiting gambling establishments. According to this growth, the economic attractiveness of regions with a developed gambling industry is also increasing.

There are very few scientific studies and publications on the development of gambling

and its impact on the development of tourism in Kazakhstan. Research by K.K. Sabirov, Ye.O.Prilepskikh, I.M. Kichigin skate around the role of games of chance in the development of tourism. K.K.Sabirov focused his attention on the importance of the role of games of chance and the gambling industry in the regions of Kazakhstan as an attractive tourist factor [1]. During the research, the author mainly analyzed foreign experience in the context of retrospective influence. In this regard, new research into the features of the gambling industry in the system of international and domestic tourism, the specifics of the legislation governing gambling (games of chance) in European countries, as well as identifying the possibilities of legislative support for the operation of casinos and other gambling establishments as one of the components of the tourism potential development of Kazakhstan is of particular relevance.

In terms of the availability of gambling or possible participation in games of chance, the situation varies greatly from country to country [2]. The ban on gambling in some countries with effective legislative regulation leads to the rise of gambling in other countries, often neighboring ones. Regions that focus on the development of gambling as part of the country's tourism potential primarily note the emergence of tourist trips with the aim of visiting gambling establishments. The corresponding economic impact of these trips on the development of the region is the next stage. International practice shows that these trips are mostly organized. Currently, gambling is actively developing in a number of European countries, including at the expense of tourists. Many of them have game entertainment centers. The largest of them are in the USA (Las Vegas, Atlantic City) and Europe (Monte Carlo, Baden-Baden).

Tourist trips associated with visiting a casino owe their appearance, first of all, to

the marketing programs of casinos. A casino trip is an organized gambling tour for people who travel to casinos primarily to gamble. Such a trip often includes transportation, accommodation, means of stimulating the game in the casino and the movement of funds to and from the casino [3]. Taking into account the above features, we can attribute these tours to organized tourism. According to the definition by O.T. Loiko, organized tours include a situation where tourists purchase tours on pre-agreed routes, period of stay, and the volume of services provided through a special tourist sales apparatus [4].

Junket tour (free entertaining trip) is a professionally planned vacation in a casino, which includes not only games of chance, but also a comfortable transfer, accommodation, meals and even excursions. Junket tours are held at the expense of casinos or other gambling establishments. The organizers pay for the player's transportation, meals and accommodation, however, the player undertakes to play for a certain time and at certain rates specified in the contract. In other words, these are tours to those countries where gambling is legal [3].

The choice of the junket tour is associated with the choice of the casino organizer. The following three factors should be considered:

- reputation of the establishment;
- professionalism;
- level of service.

Tourist trips to casinos are common in the Americas, the Caribbean and Asia and less common in Europe. The number of such trips to casinos in Africa, the Middle East and Central Asia remains unknown [5].

The main target audience of junket tours are, of course, citizens of those countries where the gambling is banned or restricted. Usually, it is the operator offering the junket tour that

is obliged to provide the most comfortable conditions, particularly:

- place of residence (hotel, etc.);
- meals (eating areas, restaurants, all-inclusive option, etc.);
- transfer (to the destination and back);
- entertainment and recreation (excursions, meetings, etc.);
- anonymity (an additional service which is often provided upon request).

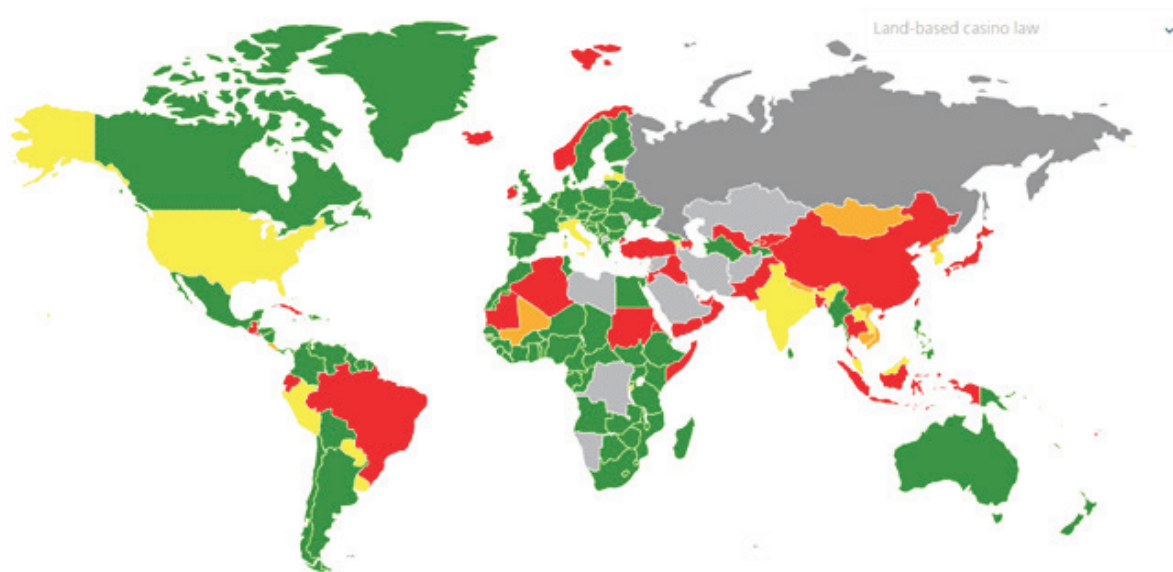
The mechanism of the junket tour is that the client exchanges a certain amount of money for chips, which he must use in different games during the entire duration of the contract. The level of service depends on the size of the deposit. The minimum bet also depends on the size of the deposit. The larger the deposit, the higher the minimum bet.

Travel is the second advantage of such tours. The guest is not limited to just visiting the casino. He/she has a new country at his/her disposal, and the sights of such a country may also be of interest to him/her. A trip to the

USA is the most exciting way for a gambling tourist. There he/she can see Las Vegas, visit the suburbs of New York, where the richest people in America come to gamble. Optionally, you can look into the unusual Indian casinos located on the territory of the reservations. The Baltic countries and Georgia are also among the leaders of junket tourism.

The number of countries in the world that continue to treat gambling as a crime and regulate it mainly in the criminal plane is getting smaller every year.

Land-based casinos are completely prohibited only in 4 countries of the world – Iceland, Ireland, Norway, Ukraine. In Italy, Luxembourg, Sweden, Russia and Kazakhstan, land-based casinos are allowed only in certain locations. For example, in Russia, a legal casino may be established in five special economic zones permitted by law: Altai krai, Krasnodar krai, Primorye, Kaliningrad region, and since 2015, Crimea and Sochi [6].



- Allowed in certain territories
- Prohibited
- Legal for foreign visitors only
- Legal in limited regions only

Figure 1 – Legal regulation of the activities of land-based casinos [7]

Currently, European countries are friendly to the organizers of Internet games, believing that the activities of online casinos are much safer and less prone to fraud than land-based casinos. The World Pay payment system used by game operators provides a good opportunity to European governments for regulating game operators' income [5]. A number of states (Austria, Iceland, Luxembourg, Switzerland, Czech Republic, Slovakia, Serbia) prohibit local operators from organizing online gambling for their citizens, while such permission is invalid for similar foreign companies. Ten European countries allow online casinos to operate in their jurisdictions with no restrictions. Legislation in 15 countries requires online gambling operators to have a license which is issued by authorized bodies and is usually expensive.

In countries such as Poland, Latvia, Belarus, Georgia, where gambling is clearly regulated and controlled by state administration, casinos are the basis for the formation of gaming tourism destinations. Here, the integration of gaming establishments into the urban infrastructure is observed. Casinos are usually located within the city and are separate, small establishments compared to those in Las Vegas and Macau. Cities with a developed offer of gambling tourism in these countries attract significant flows of international and domestic tourists and are a significant source of revenue from gambling tourism in regional and, consequently, national economies [3].

Game tourism is a kind of tourism where the participating tourists, also called players, manage resources, data, etc. through game symbols in order to achieve their goal (winning). The main direction of gaming tourism includes activities with entertainment and, sometimes, educational purposes [2].

H. Gu, G. Di, N. Guo, as well as J. Ho Kim, K. Ho Kang studied the impact of the development of gambling in Macau and US cities. The

authors analyzed the positive (growth of the economy, increase in tourist demand, improved tourist infrastructure, formation of a brand of the territory) and negative consequences of this phenomenon (growth of social inequality, uncontrollability of the process of managing gambling establishments, growth of crimes in cities) [8].

About half a million people from different parts of the world visit Macau casinos every month. The ability to visit casinos for citizens of those countries where gambling is prohibited is a feature of the gambling service in this region. Macau, a separate, autonomous administrative region of China, is a good example. There are many round-the-clock casinos for tourists. Every year during the Golden Week, many gamblers from China and all over the world meet within the walls of Macau establishments [9].

Materials and methods. Thus, the world practice has three models of regulation today, depending on the attitude of society regarding gambling activities:

1. Complete ban on gambling, which is inherent in countries with a high level of religious influence on society, poor countries or very rich ones, with strict legislative regulation of the economy.

2. Partial legalization of the gambling market, when the state allows only certain types of games of chance or certain operators of gambling business (including state monopoly), or territorial concentration in special gambling zones.

3. Full legalization of gambling within the framework of state control of games of chance.

In order to help orientate consumers of gambling services, Key To Casino combined all the results of the research [7] and summarized them for each country. The score received was called Gambling Availability Score. Gambling Availability Score is a complex

indicator that reflects the peculiarities of the gambling legislation of the respective country, as well as the stipulated actual permissions and restrictions for operators and players [7].

Each country can score a maximum of 1000 points in total. Scoring is based on the assessment of six different factors:

1. 500 points are given based on the percentage of online casinos that allows citizens of the country to play online;
2. 100 points are given to the country having laws on land-based casinos;
3. 100 points are given by researchers based on the analysis of the country's legislation regarding online casino operators;
4. 100 points are given to a country based on the existence and severity of the penalties faced by players;
5. 100 points are given to a country based on whether Internet service providers in the country block access to casinos (the possibility of depositing electronic money);
6. 100 points are given to a country based on whether the country blocks financial transactions related to payments at online casinos.

When summed up, this rating represents the position of the country's government on both land-based and online gambling, as well as the attitude of online casinos to this country.

According to the research conducted by Key To Casino in 2020, the Gambling Availability Score shows that the United States is one of the worst countries for resident gamblers. The country scored only 273 points out of 1000. Iraq is also in the list of the worst countries (220 points). The citizens of the Channel Islands, Côte d'Ivoire and South Sudan, whose legislative initiatives are rated at 918, 914 and 912 points, respectively, can best implement their gambling opportunities (both in land-based casinos (off-line) and online casinos (on-line)) [7].

The graph shows the first fifteen positions of the leading countries, as well as the positions of the countries that complete this list (Figure 2).

Among the CIS countries, Uzbekistan occupies the lowest position in the rating, having 474 points. On the second and third steps from the end, there are Russia and Kazakhstan, having 615 and 680 points, respectively [7].

Results and discussion. The issue of legalizing gambling becomes especially relevant in the context of holding cultural, sports and entertainment events at a transnational level, as well as in the context of the established political agenda on increasing the tourism potential of Kazakhstan and its capital. The motivation for the legalization of gambling is the same for everyone, i.e. financial component and a serious potential for increasing tourist attractiveness. Kazakhstan has a very convenient location and developed servicing in the field of leisure such as cafes, restaurants, clubs, sights, cultural facilities. Accumulating the attractiveness of this servicing, an integrated approach to the formation of the market of gambling services can not only develop the gambling industry, but also offer additional options like visiting attractions, cultural monuments. All this will undoubtedly be a significant financial injection into the region's economy.

This creates an opportunity to attract a large flow of tourists not only from the countries of the former CIS, but also from Europe, Asia and the Arab countries of the Middle East. World experience has shown that countries dominated by the gambling are very popular with tourists and bring huge amounts to the government budget [10].

Taking into account international experience, the development of this industry will be complicated if there are no government support measures. One of the simplest measures is to create the necessary mechanisms to protect investments, reduce corruption risks, and create

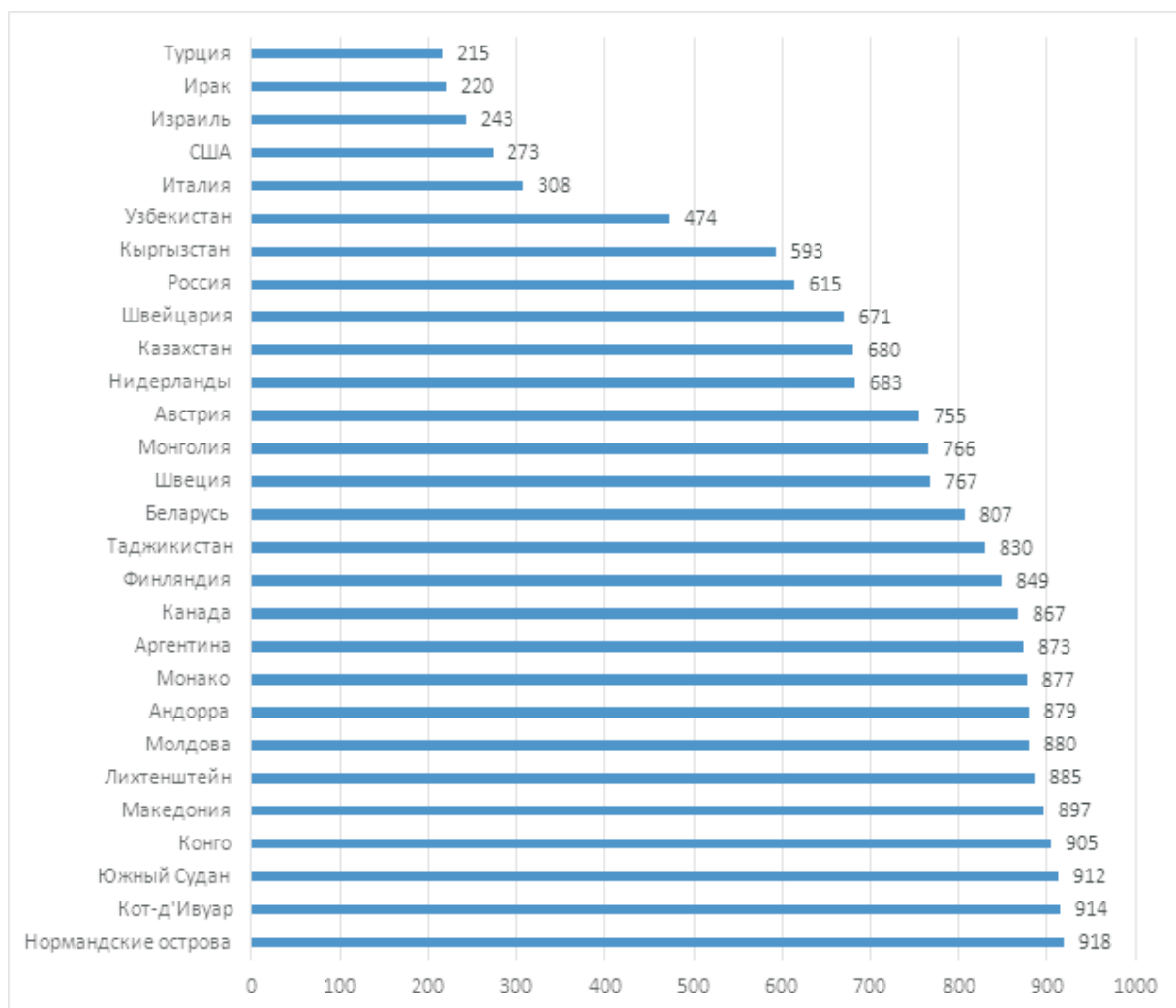


Figure 2 – Countries with the highest and lowest Gambling Availability Score for residents, 2020 [7]

a transparent system of taxation and licensing. Besides, there is a need for systematic work to create the IT infrastructure. This will allow entrepreneurs to make a choice in favor of Kazakhstan. In that way, expert K.A. Katkov argues that the main method of gambling regulation in foreign countries is not a ban on games of chance or gambling establishments, but an effective legal regulation thereof [11].

Conclusions. This article assumes that Kazakhstan has chosen the most successful solution in terms of gambling regulation with an emphasis on the development of promising tourist destinations.

Thus, the Kazakh gambling is connected with the tourism sector. The opportunities of gambling should be used to develop the country's tourism potential.

References

1. K.K. Sabirov. Some issues of improving the legislation in the field of gambling in the Republic of Kazakhstan /K.K.Sabirov// Bulletin of the Institute of Legislation and Legal Information of the Republic of Kazakhstan. – 2019. – No. 3(57). – PP.144-149.
2. I.M. Kichigina. Gambling: World trends and development prospects in the context of globalization / I.M. Kichigina // Russian-Chinese research. – 2018. – V.2. – No. 1-2. – PP.36-44.
3. Ye.O. Prilepskih. Junket tourism as know-how of tourist activity /Ye.O. Prilepskih// Regional aspects of the operation of the hotel industry: Materials of the II All-Russian scientific-practical seminar. – Stavropol: Publishing house “AGRUS”, 2015. – PP.179-184.
4. O.T. Loiko. Tourism and hotel industry [Electronic resource]. – URL: https://tourlib.net/books_tourism/lojko4-4.htm – Date of application 17.01.2023
5. A.S. Burlyakova. Analysis of the world experience in attracting investments in gambling / A.S. Burlyakova // International journal of applied and fundamental research. – 2016. – No. 7-2. – PP.257-260.
6. Gambling law in Russia: Current situation [Electronic resource]. – URL: <http://mosadvokat.org/zakon-ob-azartnyx-igrax-v-rossii-sovremennaya-situaciya/> - Date of application 17.08.2022
7. Gambling laws around the world [Electronic resource]. – URL: <https://www.keytocasinos.com/gambling-laws-around-the-world> – Date of application – 17.08.2022
8. Xinhua Gu, Guoqiang Li, Xiao Chang, Haizhen Guo. Casino tourism, economic inequality, and housing bubbles. / Tourism Management. – Elsevier, 2017.
9. Gambling Tourism: Basics and Tips [Electronic resource]. – URL: <https://www.zzoomit.com/gambling-tourism-basics-and-tips/> - Date of application 15.09.2022
10. P.I. Anosova, A.V. Kravchenko. IMPACT OF GAMBLING ON BUSINESS ACTIVITY IN PRIMORSKII KRAI // Fundamental research. – 2015. – No. 11-7. – PP. 1377-1381; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39842> -Date of application 16.09.2022
11. K.A. Katkov. Foreign experience of gambling taxation // Bulletin of the Saratov State Socio-Economic University. – 2008. – No. 4. – PP. 92-94.

Information about authors

A.B. Yessilov – Kazakh University of Technologies and Business, Astana, Republic of Kazakhstan, esilov@gmail.com

Редактор: **Оспанова М.К.**
Верстка на компьютере: **Заманбек Э.**

Подписано в печать 30.03.2023 г. Издание АО «КазУТБ»
010000, Астана, Казахстан, ул. Кайыма Мухамедханова, 37 А,
телефон рабочий + (7172) 72-58-12 (134)
E-mail: vestnik@kaztbu.kz