

ISSN 2520-2235

ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ

Баҳши Интеллект, Инноватсия, Инвеститсия

4(64) 2023



ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции

POLYTECHNIC BULLETIN
Series: Intelligence. Innovation. Investments

ПАЁМИ

ПОЛИТЕХНИКӢ

БАҲШИ ИНТЕЛЛЕКТ, ИННОВАТСИЯ, ИНВЕСТИТСИЯ

ISSN
2520-2235

4(64)

2023



МАҶАЛЛАИ ИЛМӢ – ТЕХНИКӢ

<http://vp-inov.ttu.tj/> E-mail: vestnik_politech@ttu.tj

Published since January 2008

Ба рӯйхати нашрияҳои тақризии ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон дохил карда шудааст.
Включен в Перечень рецензируемых изданий ВАК при Президенте Республики Таджикистан

Маҷалла дар Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон ба қайд гирифта шудааст
№ 0261 / ЖР аз 18 январи соли 2017

РАВЯИ ИЛМИИ МАҶАЛЛА	НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ЖУРНАЛА	SCIENTIFIC DIRECTION
01.01.00 Математика 01.04.00 Физика 05.13.00 Информатика, техникаи ҳисоббарор ва идоракуни 08.00.05 Иқтисод ва идоракунии хоҷагии халқ (аз рӯи соҳаҳо ва соҳаҳои фаъолият)	01.01.00 Математика 01.04.00 Физика 05.13.00 Информатика, вычислительная техника и управление 08.00.05 Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности)	01.01.00 Mathematics 01.04.00 Physics 05.13.00 Informatics, computer technology and management 08.00.05 Economics and management of the national economy (by industries and spheres of activity)

Муассис ва ношир	Учредитель и издатель	Founder and publisher
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
Ҳар семоҳа нашр мешавад	Издається ежеквартально	Published quarterly
Маҷалла дар шохиси иқтибосоварии Россия қайд гардидаст	Журнал включен в РИНЦ	The journal is included in the Russian Science Citation Index

Нишонӣ	Адрес редакции	Editorial office address
734042, г. Душанбе, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо, 10А Тел.: (+992 37) 227-04-67	734042, г. Душанбе, проспект академиков Раҷабовых, 10А Тел.: (+992 37) 227-04-67	734042, Dushanbe, Avenue of Academics Radjabovs, 10A Tel.: (+992 37) 227-04-67

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
СЕРИЯ: ИНТЕЛЛЕКТ. ИННОВАЦИИ. ИНВЕСТИЦИИ

POLYTECHNIC BULLETIN
SERIES: INTELLIGENCE. INNOVATION. INVESTMENTS

ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ

САРМУҲАРРИР

Қ.Қ. ДАВЛАТЗОДА

Доктори илмҳои иқтисодӣ, профессор

Р.Т. АБДУЛЛОЗОДА

Номзади илмҳои техникаӣ, дотсент, муовини сармуҳаррир

Ш.А. Бозоров

Номзади илмҳои техникаӣ, дотсент, муовини сармуҳаррир

АЪЗОЁН

М.И. ИЛОЛОВ

академики АМИТ, доктори илмҳои физикаю математика, профессор

М. ГАДОЗОДА

Номзади илмҳои физикаю математика, дотсент

М.М. САДРИДДИНОВ

Номзади илмҳои физикаю математика, дотсент

С.З. КУРБОНШОЕВ

доктори илмҳои физикаю математика, профессор

А.А. АБДУРАСУЛОВ

Номзади илмҳои физикаю математика, профессор

У. МАДВАЛИЕВ

доктори илмҳои физикаю математика

Т.Х. САЛИХОВ

доктори илмҳои физикаю математика

АНГЕЛ СМРИКАРОВ

Доктори илм, профессор (Булғория)

Н. И. ЮНУСОВ

номзади илмҳои техникаӣ, дотсент

С.А. НАБИЕВ

номзади илмҳои техникаӣ, дотсент

У. Х. ЧАЛОЛОВ

номзади илмҳои техникаӣ, дотсент

А.А. ҚОСИМОВ

номзади илмҳои техникаӣ, дотсент

А.Д. АҲРОРОВА

Доктори илмҳои иқтисодӣ, профессор

М.К. ФАЙЗУЛЛОЕВ

Доктори илмҳои иқтисодӣ, дотсент

Ҳ.А. ОДИНАЕВ

Доктори илмҳои иқтисодӣ, профессор

Ф.М. ҲАМРОЕВ

Доктори илмҳои иқтисодӣ, дотсент

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

К.К. ДАВЛАТЗОДА

доктор экономических наук, профессор

Р.Т. АБДУЛЛОЗОДА

кандидат технических наук, доцент, зам. главного редактора

Ш.А. Бозоров

кандидат технических наук, доцент, зам. главного редактора

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

М.И. ИЛОЛОВ

академик НАНТ, доктор физико-математических наук, профессор

М. ГАДОЗОДА

кандидат физико-математических наук, доцент

М.М. САДРИДДИНОВ

кандидат физико-математических наук, доцент

С.З. КУРБОНШОЕВ

доктор физико-математических наук, профессор

А.А. АБДУРАСУЛОВ

кандидат физико-математических наук, профессор

У. МАДВАЛИЕВ

доктор физико-математических наук.

Т.Х. САЛИХОВ

доктор технических наук, профессор

АНГЕЛ СМРИКАРОВ

доктор наук, профессор (Болгария)

Н. И. ЮНУСОВ

кандидат технических наук, доцент

С.А. НАБИЕВ

кандидат технических наук, доцент

У. Х. ДЖАЛОЛОВ

кандидат технических наук, доцент

А.А. ҚОСИМОВ

кандидат технических наук, доцент

А.Д. АҲРОРОВА

доктор экономических наук, профессор

М.К. ФАЙЗУЛЛОЕВ

доктор экономических наук, доцент

Х.А. ОДИНАЕВ

доктор экономических наук, профессор

Ф.М. ҲАМРОЕВ

доктор экономических наук, доцент

Материалы публикуются в авторской редакции, авторы опубликованных работ несут ответственность за оригинальность и научно-теоретический уровень публикуемого материала, точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений. Редакция не несет ответственность за достоверность информации, приводимой авторами.

Автор, направляя рукопись в Редакцию, принимает личную ответственность за оригинальность исследования, поручает Редакции обнародовать произведение посредством его опубликования в печати.

МУНДАРИЧА – ОГЛАВЛЕНИЕ

МАТЕМАТИКА - MATHEMATICS	4
<u><i>ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПЯТОГО ПОРЯДКА</i></u>	
М. Гадозода, О.К. Кодиров	4
ФИЗИКА - PHYSICS	7
<u><i>О ДИНАМИЧЕСКОМ ПЕРЕНОСЕ МАССЫ В ЖИДКОСТЯХ С ПРОИЗВОЛЬНЫМИ ФОРМАМИ МОЛЕКУЛ</i></u>	
А.А. Абдурасулов, Д.А. Абдурасулов, Ф.Р. Азизуллоев	7
<u><i>Моделирование влияния высокого давления на структурные электронные и механические свойства CsSnBr₃</i></u>	
А.С. Бурхонзода ¹ , Ш.А. Бозоров ² , Д.Д. Нематов ¹ , М.М. Каюмов ¹	16
<u><i>ПАРДАҲОИ БИОПОЛИМЕРИИ ХҶҮРДАНБОБ: КОРКАРД ВА ХОСИЯТҲОИ ФИЗИКО-МЕХАНИКИИ ОНҶО (мақолаи таҳлилӣ: пажуҳишӣ: омӯзишӣ)</i></u>	
И.Б. Исмоилов	24
ИНФОРМАТИКА, ТЕХНИКАИ ҲИСОББАРОР ВА ИДОРАКУНӢ - ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ - INFORMATICS, COMPUTER TECHNOLOGY AND MANAGEMENT	31
<u><i>ИДЕНТИФИКАТСИЯИ ФАЪОЛИ ПАРАМЕТРҲОИ ОБЪЕКТИ НОУСТУВОРИ ДАР СИСТЕМАИ ИДОРАКУНИИ АВТОМАТӢ ДОХИЛШАВАНДА</i></u>	
Қ.М. Бобобеков ¹ , А.А. Воевода ² , Ш.Ё. Холов ³ , В.И. Шипагин ⁴	31
<u><i>РЕГУЛИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОТОКОВ НА СЛОЖНЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТНОЙ ЛОГИКИ</i></u>	
Р.М. Бандишоева, Н.И. Юнусов, М.А. Бадалова	35
<u><i>ШИФРОВАНИЕ ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРИГРАММ И ДВОЙНОГО КЛЮЧА</i></u>	
М.Х. Гафуров, А.А. Косимов, Исфандиёри С.	45
<u><i>КЛАССИФИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ХЛОПКОВОГО ПОЛЯ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ</i></u>	
Н.И. Юнусов, Р.М. Бандишоева, М.А. Бадалова	50
<u><i>УСУЛҲОИ ТАРҶРЕЗИИ ВА БАЛОИҲАГИРИИ РАВАНДИ ИДОРАИ КОРМАНДОН ДАР МТОК</i></u>	
Х.А. Худойбердиев ¹ , Д.С. Нарзиева ²	55
ИҚТИСОД ВА ИДОРАКУНИИ ХОҶАГИИ ХАЛҚ - ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ - ECONOMICS AND MANAGEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY	60
<u><i>СОСТОЯНИЕ МИРОВОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА: ПУТЬ СТРАН К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ</i></u>	
А.Н. Ашурзода, Н.Х. Бердиева	60
<u><i>ТАҲЛИЛИ ИСТЕҲСОЛ ВА ҲОЛАТИ ВОРИДОТУ СОДИРОТИ МАСНУОТИ ЗАРГАРӢ ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН</i></u>	
З.М. Шеров ¹ , Т.Д. Низамова ²	65
<u><i>ТАҲЛИЛИ ҲОЛАТИ РАВАНДИ НАҚЛИЁТИЮ ТЕХНОЛОҶӢ ДАР СОҶАИ СОХТМОНИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН</i></u>	
Ф.М. Ҳамроев, Ш.К. Шодиев, Ф.Н. Низомзода	71

УДК: 517.955

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПЯТОГО ПОРЯДКА

М. Гадозода, О.К. Кодиров

С целью исследования дифференциальных уравнений в частных производных пятого порядка разработан аналитический метод для представления их решений в простом классе. Для этого используются модельное уравнение с экстремальными свойствами, операторное уравнение и переопределенная система уравнений.

Ключевые слова: дифференциальное уравнение, частные производные, модельное уравнение, начальные условия, уравнения согласования, простой класс решений.

ТАҲҚИҚИ ЯК МУОДИЛАИ ДИФФЕРЕНЦИАЛӢ БО ҲОСИЛАҲОИ ХУСУСИИ ТАРТИБИ ПАНЧУМ

М. Гадозода, О.Қ. Қодиров

Бо мақсади таҳқиқи муодилаи дифференциалӣ бо ҳосилаҳои хусусии тартиби панҷум усули аналитикӣ коркард шудааст, ки ҳалли онҳо дар синфи содда ва ба намуни ошқор пешниҳод карда мешаванд. Барои ин муодилаи моделӣ бо ҳосиятҳои экстремалӣ, муодилаи операторӣ ва системаи муодилаҳои зиддамуайян истифода карда мешаванд.

Калимаҳои калидӣ: муодилаи дифференциалӣ, ҳосилаҳои хусусӣ, муодилаи амсилави, шартҳои ибтидоӣ, муодилаи мувофиқоварӣ, синфи соддаи ҳалҳо.

STUDY OF ONE DIFFERENTIAL EQUATION IN FIFTH ORDER PARTIAL DERIVATIVES

M. Gadozoda, O.Q. Kodirov

In order to study fifth-order partial differential equations, an analytical method has been developed to represent their solutions in a simple class and in explicit form. For this purpose, a model equation with extremal properties, an operator equation, and an overdetermined system of equations are used.

Key words: differential equation, partial derivatives, model equation, initial conditions, matching equations, simple class of solutions.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассматриваем дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами в частных производных пятого порядка вида

$$\left(\frac{\partial^5 u}{\partial t^5} + p \frac{\partial^4 u}{\partial t^4}\right)^{2n-1} = \sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial^5 u}{\partial x_j^5} + p_j \frac{\partial^3 u}{\partial x_j^3} + q_j \frac{\partial u}{\partial x_j}\right)^{2n-1}, \quad (1)$$

где m, n ($m, n > 1$) - натуральные числа, $t \geq t_0 > 0$, $x = (x_1, x_2, \dots, x_m) \in R^m$, $p > 0$, $p_j > 0$, $q > 0$, $q_j > 0$ ($j=1, m$) - действительные числа, $u(t, x)$ - искомая функция.

При исследовании таких дифференциальных уравнений используется модельное уравнение с экстремальными свойствами вида [1]:

$$Lu = \max_{\alpha \in A} \left\{ \sum_{j=1}^m \alpha_j (L_j u)^s \right\}^{\frac{1}{s}}, \quad (2)$$

где

$$A = \left\{ \alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m): 0 < \alpha_j < 1, \quad \sum_{j=1}^m \alpha_j^{\frac{n}{n-s}} = 1 \right\}, n > s > 0$$

- счётные числа.

Профессором М. Юниси был доказан [1], что уравнение (2) эквивалентно операторному уравнению

$$(Lu)^n = \sum_{j=1}^m (L_j u)^n. \quad (3)$$

При подстановке дифференциальных операторов

$$L = \frac{\partial^5}{\partial t^5} + p \frac{\partial^4}{\partial t^4} \quad \text{и} \quad L_j = \frac{\partial^5}{\partial x_j^5} + p_j \frac{\partial^3}{\partial x_j^3} + q_j \frac{\partial}{\partial x_j} \quad (j = \overline{1, m})$$

в уравнение (3) получаем рассматриваемое уравнение (1).

Для нахождения частных решений уравнения (1) будем задавать начальные условия вида

$$\frac{\partial^{j-1} u}{\partial t^{j-1}}(t_0, x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m}) = u_{0j}, (j = 1, 2, 3, 4) \quad (4)$$

При помощи вспомогательной переопределенной системы уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial^5 u}{\partial t^5} + p \frac{\partial^4 u}{\partial t^4} = C, \\ \frac{\partial^5 u}{\partial x_j^5} + p_j \frac{\partial^3 u}{\partial x_j^3} + q_j \frac{\partial u}{\partial x_j} = C_j, \quad (j = \overline{1, m}) \end{cases} \quad (5)$$

находим решения рассмотренного уравнения (1) в простом классе. В этой системе уравнений C и C_j ($j = \overline{1, m}$) являются произвольные действительные числа, являющиеся решением уравнения согласования

$$\sum_{j=1}^m C_j^n = C^n \quad (6)$$

Для переопределенной системы уравнений (5) находим общее решение, которое является общим решением рассматриваемого уравнения (1) в простом классе.

При $p > 0, p_j > 0$ решение представляется в виде

$$u = \{A_0 + A_1(t - t_0) + A_2(t - t_0)^2 + A_3 \cos \sqrt{p}(t - t_0) + A_4 \sin \sqrt{p}(t - t_0) + \frac{C}{6p}(t - t_0)^3\} \prod_{j=1}^m \{1 + \cos \sqrt{p_j}(x_j - x_{0j}) + \sin \sqrt{p_j}(x_j - x_{0j})\} + \sum_{j=1}^m \frac{C_j}{p_j}(x_j - x_{0j}) \quad (7)$$

где коэффициенты определяются по формулам

$$\begin{cases} A_0 = \frac{u_{01}}{2^m} - \frac{u_{05}}{p^2 \cdot 2^m}, \\ A_1 = \frac{u_{02}}{2^m} + \frac{u_{04}}{p^2 \cdot 2^m} - \frac{C}{p^2}, \\ A_2 = \frac{u_{03}}{2 \cdot 2^m} + \frac{u_{05}}{2p \cdot 2^m}, \\ A_3 = \frac{u_{05}}{p^2 \cdot 2^m}, \\ A_4 = -\frac{u_{04}}{p^2 \sqrt{p} \cdot 2^m} + \frac{C}{p^2 \sqrt{p}} \end{cases} \quad (8)$$

При $p < 0, p_j < 0$ решение представляется в виде

$$u = \{B_0 + B_1(t - t_0) + B_2(t - t_0)^2 + B_3 \exp[\sqrt{|p|}(t - t_0)] + B_4 \exp[-\sqrt{|p|}(t - t_0)] + \frac{C}{6|p|}(t - t_0)^3\} \prod_{j=1}^m \left\{1 + \exp[\sqrt{|p_j|}(x_j - x_{0j})] + \exp[-\sqrt{|p_j|}(x_j - x_{0j})]\right\} + \sum_{j=1}^m \frac{C_j}{p_j}(x_j - x_{0j}), \quad (9)$$

где коэффициенты определяются по формулам

$$\begin{cases} B_0 = \frac{u_{01}}{3^m} - \frac{u_{04}}{|p|\sqrt{|p|} \cdot 3^m} - \frac{u_{05}}{|p|^2 \cdot 3^m} + \frac{(\sqrt{|p|} - |p|)C}{|p|^3 \sqrt{|p|}}, \\ B_1 = \frac{u_{02}}{3^m} + \frac{(|p| - \sqrt{|p|})u_{04}}{|p|^2 \cdot 3^m} + \frac{(|p| - \sqrt{|p|})C}{|p|^3}, \\ B_2 = \frac{u_{03}}{3^m} - \frac{u_{04}}{\sqrt{|p|} \cdot 3^m} - \frac{u_{05}}{|p| \cdot 3^m} + \frac{(\sqrt{|p|} - |p|)C}{|p|^3 \sqrt{|p|}}, \\ B_3 = \frac{u_{04}}{2|p|^2 \cdot 3^m} + \frac{u_{05}}{2|p|^2 \cdot 3^m} - \frac{C}{2|p|^3}, \\ B_4 = \frac{u_{05}}{2|p|^2 \cdot 3^m} + \frac{(2|p| - \sqrt{|p|})u_{04}}{2|p|^2 \sqrt{|p|} \cdot 3^m} + \frac{(2|p| - \sqrt{|p|})C}{2|p|^3 \sqrt{|p|}}. \end{cases} \quad (10)$$

Имеет место следующая теорема:

Теорема. Пусть действительные числа C и C_j ($j = \overline{1, m}$) являются решением уравнения согласования (6). Следовательно, решения уравнение (1) в простом классе, которые удовлетворяют начальным условиям (4), представляются в видах (7) и (9), где коэффициенты определяются по формулам (8) и (10).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате данного исследования разработан аналитический метод решения дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами в частных производных пятого порядка. Был использован модельное уравнение для нахождения решений рассматриваемого уравнения в простом классе. При помощи переопределенной системы решения уравнения (1) был представлен в явном виде.

Таким образом мы получили результаты, которые в дальнейшем можно будут использованы для исследования других дифференциальных уравнений в частных производных подобных видов.

Рецензент: Самаров Ш.Ш. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры естественных наук филиала ИИУ МЭИ в городе Душанбе

ЛИТЕРАТУРА

1. Юниси М.К. Об одном классе модельных уравнений с экстремальным свойством / М.К. Юниси // Вестник национального университета, 2004, серия математика, № 1, с.128-135
2. Юниси М. Теорема о представлении сложных объектов описываемых дифференцированными уравнениями полиномами. / М.К. Юниси // Вестник ТНУ, 2013, (серия естественных наук) № 1(102), с.3-12.
3. Кодиров О.К. Об одном классе дифференциальных уравнений в частных производных третьего порядка, / Гадозода М, Кодиров О.К. // Вестник национального университета (серия естественных наук). №1 (49) Душанбе, 2009 г., стр. 49-53.
4. Кодиров О.К. Представления решений одного класса дифференциальных уравнений в частных производных третьего порядка. / Гадозода М, Кодиров О.К. // Вестник технического университета №4. 2009 г., стр. 5-7.
5. Гадозода М. О представления решений одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка. / Гадозода М. // Вестник технического университета №3/15. 2011 г., стр. 5-8.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ - INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Гадозода Мирзомурод Гадозода Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи М. С. Осимӣ н.и.ф.-м., дотсент	Гадозода Мирзомурод Гадозода Таджикский технический университет им ак. М.С. Осими к.ф.-м.н., доцент.	Мирзомурод Gadozoda Mirzomurod Tajik Technical University named after ac. M. S. Osimi Candidate of Physical and Mathematical Sciences
e. mail: gadozoda51@mail.ru		
TJ	RU	EN
Кодиров Одина Қаҳҳорович Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи М. С. Осимӣ муаллими калон	Кодиров Одина Каххорович Таджикский технический университет им ак. М.С. Осими старший преподаватель	Qodyrov Odina Qakhorovich Tajik Technical University named after ac. M. S. Osimi Senior lecturer
e. mail:		

УДК: 532.72;538.9

О ДИНАМИЧЕСКОМ ПЕРЕНОСЕ МАССЫ В ЖИДКОСТЯХ С ПРОИЗВОЛЬНЫМИ ФОРМАМИ МОЛЕКУЛ

А.А. Абдурасулов, Д.А. Абдурасулов, Ф.Р. Азизуллоев

ТТУ имени академика М.С. Осими, город Душанбе, Республика Таджикистан

В рамках обобщенного для описания жидких систем с произвольными формами молекул неравновесной функции распределения (НФР), в приближении независимости вязкоупругих, термоупругих и диффузионных процессов друг от друга сформулирована замкнутая система уравнений обобщенной гидродинамики для потоков переноса массы, обусловленные поступательными и вращательными степенями свободы молекул. Показана возможность использования упрощенных с учетом особенностей молекулярной структуры конкретного класса жидкостей системы уравнения, для описания процесса переноса массы в простых одноатомных жидкостях и нематических жидких кристаллах. Проведены численные расчеты зависимости некоторых параметров переноса массы в жидком аргоне и п-азоксианизоле (ПАА) от температуры, плотности и давления.

Ключевые слова: простые жидкости, нематические жидкие кристаллы, многоатомные жидкости, неравновесная функция распределения, поступательные и вращательные степени свободы, термические релаксации, внутреннее трение, диффузия.

ОИДИ ИНТИҚОЛИ ДИНАМИКИИ МАССА ДАР МОЕЪҶОИ МОЛЕКУЛАҶОИ ШАКЛИ ДИЛҶОҶ ДОШТА

А.А. Абдурасулов, Д.А. Абдурасулов, Ф.Р. Азизуллоев

Дар асоси функсияи тақсимои ғайримувозинатии (ФТГ-и) барои омӯхтани моеъҳои молекулаҳои шакли дилҷоҷ доштаи тақмилдодашуда, дар чаҳорҷубаи фарзияи аз ҳамадигар вобаста набудани рӯйдодҳои диффузионӣ, ҳаспакию чандирӣ ва гармочандирӣ дар моеъҳо, системаи сарбастаи муодилаҳои гидродинамикаи умумикардашуда барои селҳои интиқоли масса, ки тавассути дараҷаҳои озоди пешравӣ (t) ва чархиши молекулаҳо (r) ҳосилшудаанд, ёфта шудааст. Имкониятҳои истифодаи ифодаҳои бо назардошти хусусиятҳои ҳоси сохтори моеъҳои мушаххас сода кардашуда, барои таҳқиқи раванди интиқоли масса дар моеъҳои содаи якатома ва моеъкристаллҳои нематикӣ нишон дода шудааст. Ҳисобкуниҳои адабии вобастагии баъзе бузургҳои интиқоли масса дар аргони моеъ ва п-азоксианизол (ПАА) аз температура, зичӣ ва фишор амалӣ карда шудаанд.

Калидвожаҳо: моеъҳои сода; моеъкристаллҳои нематикӣ; моеъҳои бисёратома; функсияи тақсимои ғайримувозинатӣ; дараҷаҳои озоди пешравӣ ва чархиш; релаксатсияҳои термикӣ; соиши дохилӣ; диффузия;

ABOUT DYNAMIC MASS TRANSFER IN LIQUIDS WITH ARBITRARY SHAPES OF MOLECULES

A.A. Abdurasulov, D.A. Abdurasulov, F.R. Azizullov

Within the framework of the nonequilibrium distribution function (NFR) of molecules generalized for the description of liquid systems with arbitrary shapes of molecules, in the approximation of independence of viscoelastic, thermoelastic and diffusion processes from each other, a closed system of generalized hydrodynamics equation for mass transfer flows due to translational and rotational degrees of freedom of molecules is formulated. The possibility of using simplified systems of equations, taking into account the features of the molecular structure of a particular class of liquids, to describe the process of mass transfer in simple monatomic liquids and nematic liquid crystals is shown. Numerical calculations of the dependence of some parameters of mass transfer in liquid argon and p-azoxyanisole (PAA) on temperature, density and pressure were carried out.

Keywords: simple liquids, nematic liquid crystals, polyatomic liquids, nonequilibrium distribution function, translational and rotational degrees of freedom, internal friction coefficients, diffusion.

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И МЕТОДЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ЖИДКОЙ СИСТЕМЫ

Традиционно, диффузия представляется как наглядный пример хаотического теплового движения молекул и связанных с ним многих других необратимых процессов в веществах [1,2]. Хаотические перемещения молекул стимулируют не только процесс переноса массы, но и переноса ряда других связанных со-свойствами молекул физических параметров - импульса, энергии, тепло, электричества и т.д. Диффузионный механизм, составляет основу многих происходящих в конденсированных системах, особенно в жидкостях и в газах процессы переноса [2-4]. Описать механизмы и свойства процессов переноса в конденсированных системах, в том числе явления диффузии в жидкостях, возможно только на основе строгих методов молекулярно-статистической теории жидкостей [2,3].

В работе [5] метод неравновесных функций распределения (НФР) [6] была обобщена для описания динамических процессов переноса в сложных асимметричных жидких системах.

В работах [7-10], на основе обобщенного в [5] для описания необратимых процессов в сложных асимметричных жидкостях метода НФР были исследованы динамические процессы переноса массы в асимметричных жидкостях.

Основной целью настоящей работы является формулировка более корректной замкнутой системы уравнения обобщенной гидродинамики для жидкостей с произвольными формами молекул и

показание возможности применения упрощенных с учетом особенностей молекулярной структуры конкретных жидкостей результатов, для описания свойства динамических параметров процесса переноса массы в простых одноатомных жидкостях и нематических жидких кристаллах.

Рассматривается жидкая система, состоящая из N одинаковых жёстких молекул произвольной формы с массами m и моментами инерции I . Положение несферических молекул в фазовом пространстве задается набором декартовых $\vec{x}_i(x_i; y_i; z_i)$ и угловых $\vec{\theta}_i(\theta_i; \psi_i; \varphi_i)$ координат. Полагается, что такие несферические молекулы обладают трансляционными (t) и вращательными (r) степенями свободы свойствами, которые можно описать законами классической механики.

Неравновесное состояние жидкой системы определяется набором динамических величин, плотность которых в фазовом пространстве определяются выражением

$$\hat{P}_m(\vec{x}, \vec{\theta}) = \sum_{i=1}^N P_{mi} \delta(\vec{x} - \vec{x}_i) \delta(\vec{\theta} - \vec{\theta}_i), \quad (1)$$

где P_{mi} - микроскопическое (молекулярное) выражение данной динамической величины, $\delta(x)$ - дельта функции Дирака. Предполагается, что временная эволюция динамических величин определяется законами сохранения в виде

$$\frac{\partial \hat{P}_m(\vec{x}, \vec{\theta})}{\partial t} = \hat{A}_m(\vec{x}, \vec{\theta}) + \hat{I}_m(\vec{x}, \vec{\theta}), \quad (2)$$

где: $\hat{A}_m(\vec{x}, \vec{\theta}) = -\frac{\partial f_{mt}^\alpha(\vec{x}, \vec{\theta})}{\partial x^\alpha} - \frac{\partial (a^{\alpha\beta} f_{mr}^\beta(\vec{x}, \vec{\theta}))}{\partial \theta^\alpha}$ и $\hat{I}_m(\vec{x}, \vec{\theta}) = -\frac{\hat{P}_m(\vec{x}, \vec{\theta})}{\tau_m}$,

- соответствующие гидродинамические (\hat{A}_m) и релаксационные (\hat{I}_m) источники изменения динамических величин $\hat{P}_m(\vec{x}, \vec{\theta})$ по времени. Если, $\hat{P}_m(\vec{x}, \vec{\theta})$ сохраняющаяся динамическая величина, $\hat{I}_m(\vec{x}, \vec{\theta}) = 0$.

Для того чтобы из уравнения типа (2) получить уравнение обобщенной гидродинамики и исследовать динамические необратимые процессы в исследуемой модели жидкости, необходимо усреднить (2) по соответствующему статистическому ансамблю с учетом условий

$$\langle \hat{P}_m(\vec{x}, \vec{\theta}) \rangle_f = \langle \hat{P}_m(\vec{x}, \vec{\theta}) \rangle_L, \quad \langle \hat{A}_m(\vec{x}, \vec{\theta}) \rangle_f = \langle \hat{A}_m(\vec{x}, \vec{\theta}) \rangle_L, \quad (3a)$$

$$\langle \hat{I}_m(\vec{x}, \vec{\theta}) \rangle_f = \langle \hat{I}_m(\vec{x}, \vec{\theta}) \rangle_t, \quad \langle \hat{I}_m(\vec{x}, \vec{\theta}) \rangle_L = 0, \quad (3b)$$

где $\langle \dots \rangle_t$ и $\langle \dots \rangle_L$ – статистическое усреднение по неравновесному (t) и по локально-равновесному (L) статистическому ансамблю.

Микроскопическая модель жидкости задается Гамильтонианом

$$H = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\vec{p}_i^2}{2m} + \frac{\vec{M}_i^\alpha \vec{M}_i^\beta}{2I_{\alpha\beta}} + \sum_{i \neq j=1}^N \Phi_{ij}(\vec{x}_{ij}, \vec{\theta}_i, \vec{\theta}_j) \right) \quad (4)$$

где: $\Phi_{ij}(\vec{x}_{ij}, \vec{\theta}_i, \vec{\theta}_j)$ - парный, но несферический потенциал взаимодействия молекул жидкости; $\vec{p}_i^\alpha = p_i^\alpha - m u^\alpha(\vec{x}, t)$ и $\vec{M}_i^\alpha = M_i^\alpha - I_{\alpha\beta} \omega^\beta(\vec{x}, t)$ – импульс и момент импульса молекул в сопровождающей жидкости системе координат; $u^\alpha(\vec{x}, t)$ и $\omega^\beta(\vec{x}, t)$ – макроскопические скорости поступательного и вращательного движения жидкости.

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА МАССЫ В ЖИДКИХ СИСТЕМАХ ИЗ ЖЕСТКИХ МОЛЕКУЛ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

В этом разделе на основе вышеизложенной схемы, формулируются скорректированные системы уравнений обобщенной гидродинамики для векторов потока частиц, обусловленных поступательными (t) и вращательными (r) степенями свободы молекул. Определяются аналитические выражения для динамических параметров переноса массы в простых жидкостях и нематических жидких кристаллах.

Основной динамической величиной характеризующий процесс переноса в жидкостях является плотность ($\hat{\rho} = m\hat{n}$), которого согласно (1) можно определить выражением

$$\hat{n}(\vec{x}, \vec{\theta}) = \sum_{i=1}^N \delta(\vec{x} - \vec{x}_i) \delta(\vec{\theta} - \vec{\theta}_i). \quad (5)$$

Дифференцируя (5) по времени и статистически усредняя результаты получим закон сохранения вещества в виде

$$\frac{\partial n(\vec{x}, \vec{\theta}, t)}{\partial t} + \frac{\partial (J_t^\alpha(\vec{x}, \vec{\theta}, t) + u^\alpha(\vec{x}, t) \rho(\vec{x}, \vec{\theta}, t))}{\partial x^\alpha} + \frac{\partial (a^{\alpha\beta} (J_r^\beta(\vec{x}, \vec{\theta}, t) + \omega^\beta(\vec{x}, t) \rho(\vec{x}, \vec{\theta}, t)))}{\partial \theta^\alpha} = 0, \quad (6)$$

где $J_t^\alpha(\vec{x}, \vec{\theta}, t) = \langle \sum_{i=1}^N \frac{\vec{p}_i^\alpha}{m} \delta(\vec{x} - \vec{x}_i) \delta(\vec{\theta} - \vec{\theta}_i) \rangle_L;$ (7a)

$$J_r^\alpha(\vec{x}, \vec{\theta}, t) = \langle \sum_{i=1}^N \frac{\vec{M}_i^\beta}{I_{\alpha\beta}} \delta(\vec{x} - \vec{x}_i) \delta(\vec{\theta} - \vec{\theta}_i) \rangle_L \quad *1 \quad (76)$$

Однако, уравнение (6) не является замкнутым, входящие в (6) динамические плотности потоков числа частиц, обусловлены поступательными (J_t^α) и вращательными (J_r^α) степенями свободы молекул, являются неизвестными, не выраженными через связанные с n параметрами, величинами. Здесь и далее опускаем аргументы и укажем их при необходимости.

Чтобы определить значения потоков J_t^α и J_r^α в любой момент времени и замкнуть уравнение непрерывности (6), как минимум необходимо знать закон изменения этих потоков по времени. Дифференцируя выражения (7) по времени и следуя схеме (2) с учетом того, что потоки числа частиц являются не сохраняющимися величинами, для временной эволюции J_t^α и J_r^α получим систему уравнения:

$$\frac{\partial J_t^\alpha}{\partial t} = A_t^\alpha + I_t^\alpha; \quad \frac{\partial J_r^\alpha}{\partial t} = A_r^\alpha + I_r^\alpha, \quad (8)$$

где: $A_t^\alpha = -n \frac{du^\alpha}{dt} - \frac{1}{m} \frac{\partial}{\partial x^\beta} (P_t^{\alpha\beta} + J_t^\alpha u^\beta) - \frac{1}{m} \frac{\partial}{\partial \theta^\beta} (a^{\beta\gamma} (P_{tr}^{\alpha\gamma} + J_t^\alpha \omega^\gamma)) - J_t^\beta \frac{\partial u^\alpha}{\partial x^\beta}$,
 $A_r^\alpha = -n \frac{d\omega^\alpha}{dt} - \frac{1}{m} \frac{\partial}{\partial x^\beta} (P_{tr}^{\alpha\beta} + J_r^\alpha u^\beta) - \frac{1}{I} \frac{\partial}{\partial \theta^\beta} (a^{\alpha\gamma} (P_r^{\gamma\beta} + J_r^\alpha \omega^\beta)) - J_t^\beta \frac{\partial \omega^\alpha}{\partial x^\beta}$

- соответствующие гидродинамические источники; $P^{\alpha\beta}$ – компоненты тензора переноса импульса и момента импульса молекул. Они выражаются через компоненты тензора напряжения $\sigma^{\alpha\beta}$ следующим образом

$$P_t^{\alpha\beta} = -\sigma_t^{\alpha\beta} + P_t \delta^{\alpha\beta}, \quad P_r^{\alpha\beta} = -\sigma_r^{\alpha\beta} + P_r \delta^{\alpha\beta}, \quad P_{tr}^{\alpha\beta} = -\sigma_{tr}^{\alpha\beta}; \quad P_t \text{ и } P_r$$

- гидростатические давления жидкости. Принебрегая вклады вязкоупругих свойств жидкости на динамический процесс преноса массы в них, т.е. полагая $\sigma_t^{\alpha\beta}, \sigma_r^{\alpha\beta}, \sigma_{tr}^{\alpha\beta} \equiv 0$, для гидродинамических источников уравнения (8) в линейном приближении, находим:

$$A_t^\alpha = -n \frac{du^\alpha}{dt} - \frac{1}{m} \left(\frac{\partial P_t}{\partial n} \right)_T \frac{\partial n}{\partial x^\alpha} - \frac{1}{m} \left(\frac{\partial P_t}{\partial T} \right)_n \frac{\partial T}{\partial x^\alpha}; \quad (9a)$$

$$A_r^\alpha = -n \frac{d\omega^\alpha}{dt} - \frac{1}{I} \left(\frac{\partial P_r}{\partial n} \right)_T \frac{\partial}{\partial \theta^\gamma} (a^{\gamma\beta} n) - \frac{1}{I} \left(\frac{\partial P_r}{\partial T} \right)_n \frac{\partial}{\partial \theta^\gamma} (a^{\gamma\beta} T) \quad (9a)$$

Неравновесные средние значения релаксационных источников (8) равны [8]

$$I_t^\alpha = \frac{1}{m} \langle \sum_{i=1}^N \sum_{j \neq i=1}^N F_{ij}^\alpha \delta(\vec{x}_i - \vec{x}) \delta(\vec{\theta}_i - \vec{\theta}) \rangle_t = \frac{F^\alpha}{m}, \quad I_r^\alpha = \frac{1}{I} \langle \sum_{i=1}^N \sum_{j \neq i=1}^N N_{ij}^\alpha \delta(\vec{x}_i - \vec{x}) \delta(\vec{\theta}_i - \vec{\theta}) \rangle_t = \frac{N^\alpha}{I},$$

где $F^\alpha = -\beta_t J_t^\alpha + \beta_{tr} J_r^\alpha$, $N^\alpha = \beta_{rt} J_t^\alpha - \beta_r J_r^\alpha$, $\beta_{tr} = \beta_{rt}$. (10)

Выражения (10) связывают силу (F^α) и момент силы (N^α) действующих на единицу объема жидкости с относительными скоростями единицы объема жидкости J_t^α и J_r^α . Следовательно коэффициенты β являются коэффициентами внутреннего трения. В рамках нашей теории коэффициенты внутреннего трения и соответствующие им характерные времена релаксации определяются выражениями [8-10]:

$$\beta_t = \frac{1}{3k_0 T} \int_0^t dt' \langle F(0)F(t') \rangle_0; \quad \beta_r = \frac{1}{3k_0 T} \int_0^t dt' \int_0^t dt'' \langle N(0)N(t'') \rangle_0;$$

$$\beta_{tr} = \frac{1}{3k_0 T} \int_0^t dt' \langle F(0)N(t') \rangle_0; \quad \tau_t = \frac{m}{\beta_t}; \quad \tau_r = \frac{I}{\beta_r}; \quad \tau_{tr} = \frac{\sqrt{mI}}{\beta_{tr}}. \quad (11)$$

Если, решить систему уравнений (10) относительно потоков J_t^α и J_r^α находим, что

$$J_t^\alpha = \Delta_t F^\alpha - \Delta_{tr} N^\alpha, \quad J_r^\alpha(\vec{x}, \vec{\theta}, t) = \Delta_r N^\alpha - \Delta_{rt} F^\alpha, \quad (12)$$

где:
$$\Delta_t = \frac{\beta_r}{\beta_t \beta_r - (\beta_{tr})^2}; \quad \Delta_r = \frac{\beta_t}{\beta_t \beta_r - (\beta_{tr})^2}; \quad \Delta_{tr} = \frac{\beta_{tr}}{\beta_t \beta_r - (\beta_{tr})^2}; \quad \Delta_{rt} = \Delta_{tr} \quad (13)$$

*1 Реально обозначение в (2.2.3) имеет вид $a^{\alpha\beta} J_r^\beta(\vec{x}, \vec{\theta}, t) = \langle \sum_{i=1}^N a_i^{\alpha\beta} \frac{\vec{M}_i^\gamma}{I_{\beta\gamma}} \delta(\vec{x} - \vec{x}_i) \delta(\vec{\theta} - \vec{\theta}_i) \rangle_L$ с упрощения расчетов предполагали, что матрица поворота $a_i^{\alpha\beta} = a^{\alpha\beta}$, т.е одинаковы для всех молекул.

- являются коэффициентами подвижности жидкости. В случае пренебрежения перекрестной корреляции поступательных и вращательных степеней свободы ($\beta_{tr} \rightarrow 0$) поступательная и вращательная подвижность жидкости становятся независимыми и их выражения значительно упрощаются

$$\Delta_t = \frac{1}{\beta_t}; \quad \Delta_r = \frac{1}{\beta_r}; \quad \Delta_{tr} = \Delta_{rt} = 0 \quad (14)$$

Система уравнений (8), с учетом (9) и (10) становится замкнутой системой уравнений обобщенной гидродинамики для векторов потока частиц J_t^α , J_r^α и позволяет исследовать динамические процессы переноса массы в жидких системах с жесткими молекулами произвольной формы. Систему уравнений (8) для Фурье-образов компонент векторов переноса массы $J_t^\alpha(\vec{x}, \vec{\theta}, \nu)$ и $J_r^\alpha(\vec{x}, \vec{\theta}, \nu)$ можно представить в виде

$$J_t^\alpha(\nu)(1 + i\nu\tau_t) + \sqrt{\frac{I}{m}} \frac{\tau_t}{\tau_{tr}} J_r^\alpha(\nu) = \tau_t A_t^\alpha(\nu), \quad (15a)$$

$$J_r^\alpha(\nu)(1 + i\nu\tau_r) + \sqrt{\frac{m}{I}} \frac{\tau_r}{\tau_{tr}} J_t^\alpha(\nu) = \tau_r A_r^\alpha(\nu) \quad (15b)$$

Одним из удобств системы уравнений (15) является то, что не решая систему уравнений можно её упростить и использовать для исследования динамических процессов переноса вещества в конкретных жидких системах.

Например, для жидких систем, где обмен энергии между одинаковыми степенями свободы происходит гораздо быстрее, чем обмен энергии между различными степенями свободы молекул (т.е. когда выполняются условия $\frac{\tau_t}{\tau_{tr}}, \frac{\tau_r}{\tau_{tr}} \ll 1$) система уравнений (7) принимает простой вид:

$$J_t^\alpha(\nu) = \frac{\tau_t A_t^\alpha(\nu)}{(1 + i\nu\tau_t)}, \quad J_r^\alpha(\nu) = \frac{\tau_r A_r^\alpha(\nu)}{(1 + i\nu\tau_r)} \quad (16)$$

Полагаем, что первое выражение (16), где определяющую роль играют трансляционные релаксационные процессы с характерным временем релаксации $\tau_t = \frac{m}{\beta_t}$, описывают динамический процесс переноса массы в простых одноатомных жидкостях, а второе выражение (16) с характерным временем вращательной релаксации $\tau_r = \frac{I}{\beta_r}$, описывает динамический процесс переноса массы в нематических жидких кристаллах.

Определяя реальные и мнимые части (16) с учетом выражения (9) получим динамические коэффициенты переноса массы и динамические модули упругости простых жидкостей и нематических жидких кристаллов в виде:

$$D_t(\nu) = \frac{M_t^D \tau_t}{1 + (\nu\tau_t)^2}; \quad M_t^D(\nu) = \frac{M_t^D (\nu\tau_t)^2}{1 + (\nu\tau_t)^2}; \quad M_t^D = \frac{1}{m} \left(\frac{\partial P_t}{\partial n} \right)_T;$$

$$D_t^T(\nu) = \frac{M_t^{TD} \tau_t}{1 + (\nu\tau_t)^2}; \quad M_t^{TD}(\nu) = \frac{M_t^{TD} (\nu\tau_t)^2}{1 + (\nu\tau_t)^2}; \quad M_t^{TD} = \frac{1}{m} \left(\frac{\partial P_t}{\partial T} \right)_n \quad (17)$$

$$K_t(\nu) = \frac{\tau_t n}{1 + (\nu\tau_t)^2}, \quad M_t^K(\nu) = \frac{n (\nu\tau_t)^2}{1 + (\nu\tau_t)^2};$$

$$D_r(\nu) = \frac{M_r^D \tau_r}{1 + (\nu\tau_r)^2}; \quad M_r^D(\nu) = \frac{M_r^D (\nu\tau_r)^2}{1 + (\nu\tau_r)^2}; \quad M_r^D = \frac{1}{I} \left(\frac{\partial P_r}{\partial n} \right)_T;$$

$$D_r^T(\nu) = \frac{M_r^{TD} \tau_r}{1 + (\nu\tau_r)^2}; \quad M_r^{TD}(\nu) = \frac{M_r^{TD} (\nu\tau_r)^2}{1 + (\nu\tau_r)^2}; \quad M_r^{TD} = \frac{1}{I} \left(\frac{\partial P_r}{\partial T} \right)_n; \quad (18)$$

$$K_r(\nu) = \frac{\tau_r n}{1 + (\nu\tau_r)^2}, \quad M_r^K(\nu) = \frac{n (\nu\tau_r)^2}{1 + (\nu\tau_r)^2}.$$

Заметим, что для определения входящих в выражениях (17) и (18) производных давлений P_t и P_r можно использовать термические уравнения состояния [12]

$$\left. \begin{matrix} P_t(T, n) \\ P_r(T, n) \end{matrix} \right\} = nk_B T - \frac{n^2}{6} \int \left\{ \begin{matrix} \frac{\partial \Phi_{ij}(x_{ij}, \theta_{ij})}{\partial x_{ij}} x_{ij} \\ \bar{B} \frac{\partial \Phi_{ij}(x_{ij}, \theta_{ij})}{\partial \theta_{ij}} \theta_{ij} \end{matrix} \right\} g_0(x_{ij}, \theta_{ij}) d\vec{x}_{ij} d\vec{\theta}_{ij} \quad (19)$$

Для определения значений входящих в вышеприведённых выражениях, коэффициентов внутреннего трения β корреляторов, можно выразить случайные силы и случайные моменты сил действующих в промежутках между столкновениями на молекул, через потенциалы межмолекулярного взаимодействия $\Phi_{ij}(x_{ij}, \theta_{ij}) - F = -\frac{\partial \Phi_{ij}(x_{ij}, \theta_{ij})}{\partial x_{ij}}$ и $N = -\bar{B} \frac{\partial \Phi_{ij}(x_{ij}, \theta_{ij})}{\partial \theta_{ij}}$, где \bar{B} - элементы матрицы поворота системы координат [13], Тогда для коэффициентов внутреннего трения получим выражения

$$\beta_t = \frac{n\tau}{6k_B T} \int_0^\infty \left(\frac{\partial \Phi(x_{ij}, \theta_{ij})}{\partial x_{ij}} \right)^2 g_0(x_{ij}) d\vec{x}_{ij} d\vec{\theta}_{ij}, \quad (20a)$$

$$\beta_r = \frac{n\tau}{6k_B T} \int \left(B^{\alpha\beta} \frac{\partial \Phi(x_{ij}, \theta_{ij})}{\partial \theta^\beta} \right)^2 g_0(x_{ij}, \theta_{ij}) \sin \theta_i d\vec{\theta}_i d\vec{x}_{ij}. \quad (20b)$$

Теперь, используя молекулярные параметры жидкости, переходим к безразмерным переменным: $r = \frac{x_{ij}}{\sigma}$ - безразмерное взаимное расстояние молекул; $\tilde{T} = \frac{k_B T}{\varepsilon}$ - безразмерная температура; $\tilde{n} = n \cdot \frac{1}{6} \pi \sigma^3$ - безразмерная плотность; $\tilde{\Phi}(r, \theta) = \frac{\Phi_{12}(x_{ij}, \theta_{ij})}{\varepsilon}$ - безразмерный потенциал взаимодействия пары молекул; $I = \frac{1}{12} \frac{\mu}{N_A} L^2$ - момент инерции стержнеобразных молекул относительно коротких осей проходящих через их середины; ε - глубина потенциальной ямы; μ - молярная масса жидкости; L - длина стержнеобразных молекул, перепишем вычисляемые выражения в безразмерных переменных;

$$\beta_t = \frac{4\varepsilon\tau\tilde{n}}{\sigma^2\tilde{T}} \int_0^\infty \left(\frac{\partial \tilde{\Phi}(r, \theta)}{\partial r} \right)^2 g_0(r, \theta) r^2 dr \sin(\theta) d\theta, \frac{\text{кг}}{\text{с}}; \quad (21a)$$

$$\beta_r = 4\varepsilon\tau\tilde{n} \int_0^\infty \left(B \frac{\partial \tilde{\Phi}(r, \theta)}{\partial \theta} \right)^2 g_0(r, \theta) r^2 dr \sin(\theta) d\theta, \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}}; \quad (21b)$$

$$\left(\frac{\partial P_t}{\partial T} \right)_n = \frac{6k_B}{\pi\sigma^3} \left\{ \tilde{n} - \left(\frac{2\tilde{n}}{\tilde{T}} \right)^2 \int \frac{\partial(\tilde{\Phi}(r, \theta))^2}{\partial r} g_0(r, \theta) r^2 dr d\theta \right\}; \quad (22a)$$

$$\left(\frac{\partial P_t}{\partial n} \right)_T = \varepsilon \left(\tilde{T} - 8\tilde{n} \int \frac{\partial \tilde{\Phi}(r, \theta)}{\partial r} g_0(r, \theta) r^3 dr d\theta \right); \quad (22b)$$

$$\left(\frac{\partial P_r}{\partial T} \right)_n = \frac{4k_B}{\pi\sigma^2 L} \left\{ \tilde{n} - \left(\frac{\tilde{n}}{\tilde{T}} \right)^2 \frac{4\sigma}{3L} \int \frac{\partial(\tilde{\Phi}(r, \theta))^2}{\partial \theta} g_0(r, \theta) br^2 dr d\theta \right\}; \quad (22c)$$

$$\left(\frac{\partial P_r}{\partial n} \right)_T = \frac{4\varepsilon}{\pi\sigma^2 L} \left(\tilde{T} - \frac{16\sigma\tilde{n}}{3L} \int \frac{\partial \tilde{\Phi}(r, \theta)}{\partial \theta} g_0(r, \theta) br^2 dr d\theta \right) \quad (22d)$$

Согласно выражениям (21) и (22) задача исследования процессов переноса массы в жидкостях сводится к задаче определения потенциала парного взаимодействия молекул $\tilde{\Phi}(r, \theta)$ и равновесной радиальной функции распределения молекул $g_0(r, \theta)$. Для жидких систем, состоящих из жестких молекул, потенциал межмолекулярного взаимодействия, как правило на расстояниях $\sigma \leq 1$, представляется в виде столкновения упругих шаров, а на расстояниях $\sigma > 1$ в виде более мягких потенциалов учитывающих притяжения и отталкивания молекул

$$\tilde{\Phi}(r, \theta) = \begin{cases} \delta(r - 1), & \text{при } 0 < r \leq 1 \\ \tilde{\Phi}_{ij}(r, \theta), & \text{при } r > 1. \end{cases} \quad (23)$$

Равновесную радиальную функцию распределения молекул представим в виде [14]

$$g_0(r, \theta) = \begin{cases} y(1) = \frac{2-\tilde{n}}{2(1-\tilde{n})}, & \text{при } r \leq 1 \quad \text{а)} \\ y(r) e^{-\frac{\tilde{\Phi}_{ij}(r, \theta)}{\tilde{T}}}, & \text{при } r > 1. \quad \text{б)}. \end{cases} \quad (24)$$

Для упрощения расчетов, рассмотрим случай, когда потенциал межмолекулярного взаимодействия можно разделить на угловые и радиальные части

$$\tilde{\Phi}_{ij}(r, \theta) = \tilde{\Phi}(r) + \tilde{\Phi}(\theta). \quad (25)$$

В качестве радиальной части (25) используем известный потенциал Леннарда-Джонса

$$\tilde{\Phi}(r) = \left(\frac{1}{r^6} - \frac{1}{r^{12}} \right), \quad (26)$$

а для угловой части потенциала Майера-Заупе

$$\tilde{\Phi}(\theta) = \eta \left(\frac{3}{2} \cos^2 \theta_i - \frac{1}{2} \right), \quad (27)$$

где $\eta = \frac{3}{4} \eta_c \left(1 + \frac{\sqrt{T_i - T + \beta(P_c - P)}}{3\sqrt{T_i - T_c}} \right)$ – ориентационный параметр порядка НЖК [15].

Используя, вышеприведенную информацию можно исследовать закономерность зависимости динамических параметров переноса массы в конкретных жидких системах.

ЧИСЛЕННЫЕ РАСЧЕТЫ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕНОСА МАССЫ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ, ПЛОТНОСТИ И ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Для проведения численных расчетов зависимости параметров динамического переноса массы в конкретных жидкостях от изменения термодинамических параметров состояния и частоты внешнего возмущения, необходимо в выражениях этих параметров определить и использовать численные значения молекулярных параметров этой жидкости. Например, используя молекулярные параметры жидкого аргона: $m = 66,341 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ – масса молекулы; $\sigma = 3,405 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ – эффективный диаметр молекул; $\epsilon = 4\epsilon = 6,612 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$. можно провести численные расчеты параметров динамического переноса массы в простых одноатомных жидкостях, в жидком аргоне.

В таблице 1 приведены результаты численного расчета зависимости коэффициента внутреннего трения жидкого аргона от температуры и плотности по формуле (19а). Здесь, учтено, что аргон является простой жидкостью, молекулы которого можно представить в виде гладких упругих шаров. Угловых зависимостей, здесь нет, все $\frac{\partial}{\partial \theta} \equiv 0$.

Таблица 1. Зависимость коэффициента внутреннего трения жидкого аргона от температуры и давления.

Темп., К	плотность, кг/м ³								Эксп.
	1402	1377	1312	1240	1160	1065	1031	968	
86	5,1836	5,0232	4,6316	4,2354	3,8338	3,4006	3,2554	2,9984	
90	5,1402	4,9738	4,5693	4,1625	3,7530	3,3147	3,1686	2,9110	5.0100
100	5,0780	4,8984	4,4653	4,0348	3,6071	3,1560	3,0073	2,7471	
110	5,0608	4,8700	4,4122	3,9608	3,5165	3,0528	2,9012	2,6374	
120	5,0717	4,8710	4,3913	3,9211	3,4613	2,9854	2,8307	2,5628	3,1300
130	5,1001	4,8906	4,3911	3,9037	3,4296	2,9419	2,7841	2,5119	2,9400
135	5,1186	4,9050	4,3964	3,9009	3,4201	2,9266	2,7672	2,4928	
140	5,1391	4,9217	4,4042	3,9011	3,4136	2,9146	2,7537	2,4770	

Увеличение $\beta_t(\rho)$ с ростом плотности и уменьшение $\beta_t(T)$ с увеличением температуры вполне соответствуют имеющимся в литературе информациям. Относительно слабая зависимость $\beta_t(T)$ при фиксированных значениях плотности (по столбцам) и более существенные, и близкие к экспериментальным данным значения коэффициента внутреннего трения при экспериментально-согласованных значениях плотности и температуры (диагональные значения таблицы), указывают на определяющие роли взаимодействия молекул в формировании свойства теплофизических параметров жидкости.

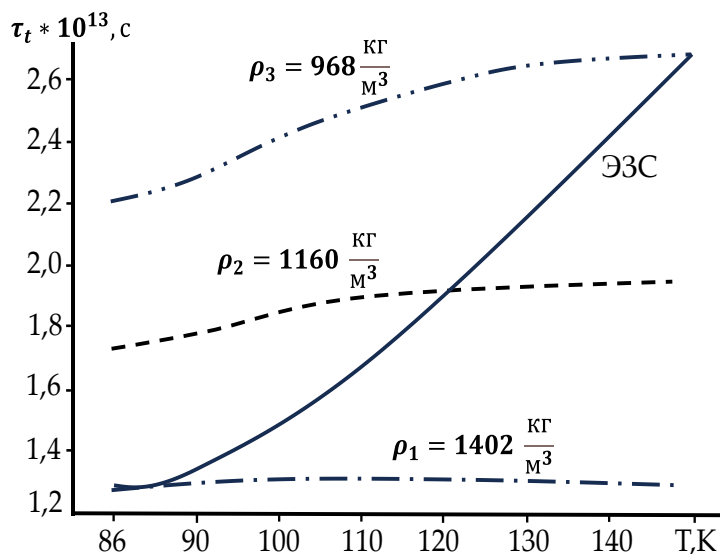


Рис. 1 – Зависимость времени трансляционной релаксации жидкого аргона от температуры при трех значениях плотности и ЭЗС.

Используя значения β_t из таблицы 1 по формуле $\tau_t = \frac{m}{\beta_t}$, можно легко вычислить зависимость характерного времени трансляционной релаксации жидкого аргона от температуры и плотности. На рис.1 представлены результаты численного расчета зависимости $\tau_t(T)$ для жидкого аргона при трех фиксированных значениях плотности ($\rho_1 = 1402 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $\rho_2 = 1160 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $\rho_3 = 968 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$) и экспериментально-согласованных значений плотности и температуры (ЭСЗ). Возрастание $\tau_t(T)$ с ростом температуры говорит о термической природе трансляционных релаксационных процессов.

На рис. 2 представлены графики зависимости коэффициента внутреннего трения β_t и время трансляционной релаксации τ_t жидкого аргона от температуры при трех выше выделенных значениях плотности. Как видно, кривые температурной зависимости $\beta_t(T)$ и $\tau_t(T)$ с увеличением температуры имеют тенденции изменения характера зависимости от температуры в областях высоких температур. Видимо это связано с тем, что при фиксированных плотностях объем жидкости с повышением температуры не может изменяться, а температура жидкостей, следовательно и тепловое движение молекул увеличиваются. В результате в жидкости превалирует тепловые движения - газовые свойства.

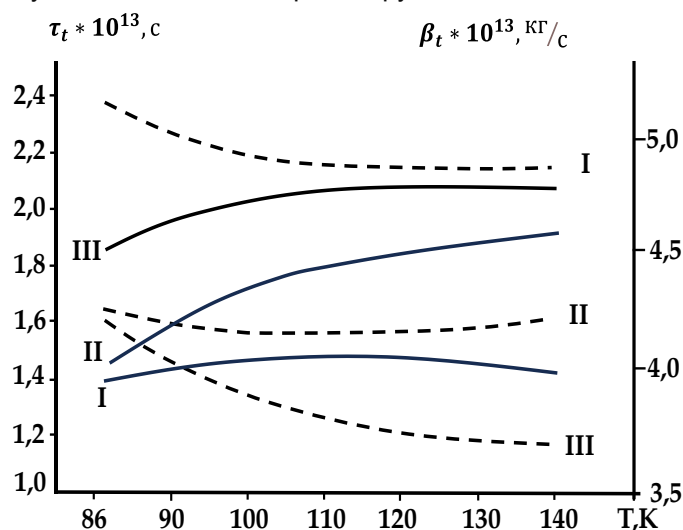


Рис.2 – Температурная зависимость коэффициента внутреннего трения (пунктирные линии) и время трансляционной релаксации (сплошные линии) жидкого аргона для трех значения плотности.

Закономерность температурной зависимости коэффициента подвижности, приведенное на рис.3. почти такой же, как закономерность зависимости время трансляционной релаксации от температуры и правильно отражает свойства $\Delta_t(T)$.

На рис. 4 отражены результаты численного расчета зависимости низкочастотных значений динамического коэффициента диффузии от температуры по выражениям (17). Здесь, \bullet , \blacklozenge , \square результаты физических и модельных экспериментов.

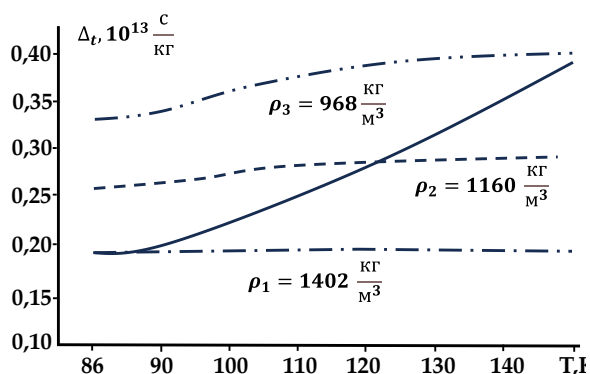


Рис.3 – Зависимость коэффициента подвижности жидкого аргона от температуры

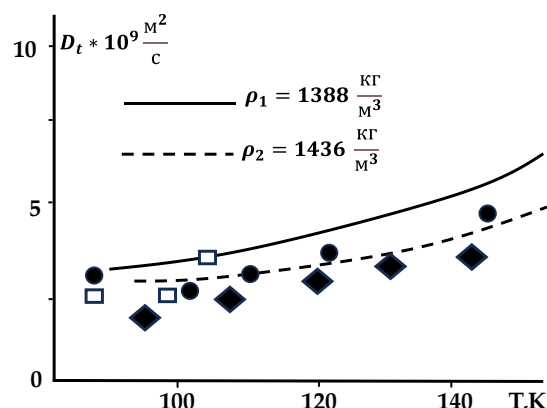


Рис.4 – Результаты численного расчета зависимости коэффициента диффузии жидкого аргона от температуры при двух значениях плотности.

Значение молекулярных параметров нематических жидких кристаллов (ПАА п-азоксианизола) была определена по разным источникам и ориентировочно: масса молекулы ПАА $m = \frac{\mu}{N_A} = 42,8610^{-26}$ кг; энергетическая глубина потенциала межмолекулярного взаимодействия $-\epsilon = \frac{A}{V_m^2} = 2,54 \cdot 10^{-20}$ Дж, эффективный диаметр стержнеобразных молекул $\sigma = 4 \cdot 10^{-10}$ м; и их длина - $L = 14 \cdot 10^{-10}$ м.

Численные расчеты динамических параметров переноса массы в ПАА были проведены как с учетом радиальной структуры в жидкостях, так и без них. Результаты расчетов показали, что и здесь учет радиальной структуры не только качественно улучшает зависимость τ_{rr} от изменения термодинамических параметров состояния, позволяет описать плотностную зависимость рассматриваемых параметров, но и вносит количественные поправки к значениям τ_{rr} и других динамических параметров переноса. В частности, уменьшает значения τ_{rr} почти на два порядка. Расчеты были проведены с использованием потенциалов межмолекулярного взаимодействия Майера

– Заупе (27) и Макмиллана .
$$\varphi(r_{ij}, \theta_{ij}) = \frac{V_0 e^{-\left(\frac{r_{ij}}{r_0}\right)^2}}{N r_0^3 \pi^{\frac{3}{2}}} \left(\frac{3}{2} \cos^2 \theta_{ij} - \frac{1}{2} \right).$$

Здесь, для иллюстрации вышесказанного приведем, результаты численного расчета зависимости характерного время вращательной релаксации от температуры, плотности и давления жидкости с использованием потенциала Майера-Заупе.

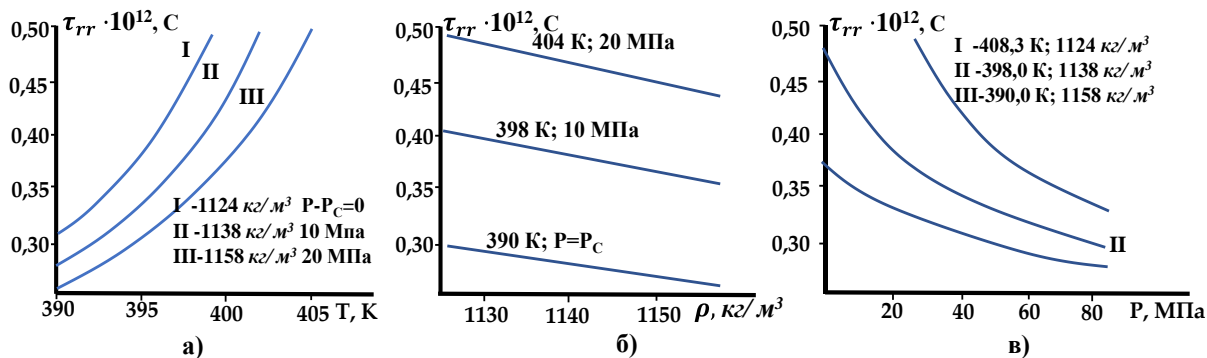


Рис. 5 – Результаты численного расчёта температурной зависимости вращательного времени релаксации для ПАА при трёх фиксированных значениях плотности и давления

Исследование зависимости динамических параметров переноса в НЖК от давления стала возможной, благодаря зависимости потенциала Майера-Заупе от давления (через ориентационный параметр порядка). Как видно, качественный характер зависимости времени вращательной релаксации для ПАА от температуры давления и плотности, такие же как характер зависимости времени трансляционной релаксации от этих параметров для жидкого аргона. Наши расчеты показали, что качественный характер зависимости динамических параметров переноса в НЖК от термодинамических параметров состояния сохраняется и при использовании другого потенциала межмолекулярного взаимодействия, например, потенциала Макмиллана.

Почти такие же зависимости от температуры давления и плотности имеет коэффициент вращательной подвижности НЖК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные в работе упрощенные уравнения обобщенной гидродинамики для потоков числа частиц, как минимум позволяют качественно описать динамические процессы переноса массы в простых жидкостях и нематических жидких кристаллах.

Рецензент: Салихов Т.Х. – д.ф.м.н., профессор, главный научный сотрудник отдела физики конденсированного состояния ИГиМ ИГиСУ, чл.-корр. ИГиМ

ЛИТЕРАТУРА

1. Френкель Я.И. Статистическая физика. М.: изд. АН СССР, 1948, 761 с.
2. Гиршфельдер Дж, Кертис Ч., Берд Р. молекулярная теория газов и жидкостей. М; иностранная литература, 1961-930с.
3. Крокстон К. Физика жидкого состояния. – М; Мир, 1978-400с.
4. Диффузия в газах и жидкостях. /Труды совместного заседания секции «Теплофизические и массообменные свойства вещества», Алма-Ата, - 1972, 136 с.

5. Абдурасулов А. А. О неравновесной статистической функции распределения асимметричных жидкостей. //Докл. АН РТ, 1998, Т.51, №3-4, с. 36-41.
6. Зубарев Д.Н. Неравновесная статистическая термодинамика. М.: Наука, 1972, 280 с.
7. Абдурасулов А. До статичної теорії динамічних процесів у молекулярних рідинах. //Вісник Київського нац. Университета ім. Т. Шевченка, (сер. Фізика), 2002, №4, с. 52-56.
8. Абдурасулов А.А., Муродов Ф., Одинаев С. К статистической теории релаксационных процессов в асимметричных жидкостях.//Укр. физ. Журн., 2005, -т.15, №7, с. 669 – 677.
9. Абдурасулов А.А. Салахутдинов М.И. Общие формулы для коэффициентов переноса и соответствующие им модули упругостей в жидкостях с произвольными формами молекул. //Жидкие кристаллы и их практическое использование, 2009, вып. 4(30), с. 26-36.
10. Абдурасулов А. К молекулярной теории динамических процессов массопереноса в асимметричных жидкостях. //Вестник технического университета. 2008, №1, с.18-23.
11. Абдурасулов А.А., Абдурасулов Д.А., Азизуллоев Ф.Р. О связи коэффициенты диффузии и внутреннего трения в жидкостях с произвольными формами молекул. // Мат. Респ. Научно-практ. конф. “Наука-основа инновационного развития”, ТТУ им.ак. М.С.Осими, Душанбе, 2023, с. 74-78).
12. Одинаев С., Абдурасулов Д.А., Абдурасулов А.А. Молекулярно-статистическое исследование ориентационных упругих свойств нематических жидких кристаллов. //Доклады НАН Таджикистана. -2021., том 65. №3-4, с.210-219.
13. Голдстейн Г. Классическая механика. М.: Наука, 1975.-415 с.
14. Адхамов А.А., Одинаев С., Абдурасулов А. Об оптимальном выборе радиальной функции распределения для простых жидкостей. - Докл.АН, Тадж.ССР, 1989, Т.32, №8, С.521-524
15. Абдурасулов Д. А., Абдурасулов А.А., Одинаев С. Метод неполного термодинамического потенциала для нематических жидких кристаллов. //Политехнический вестник. Серия: интеллект, инновация, инвестиции, 2019, 4(48), С. 12-16.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ - INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Абдурасулов Анвар Абдурасулович	Абдурасулов Анвар Абдурасулович	Abdurasudov Anvar Abdurasulovich
Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи М. С. Осимӣ	Таджикский технический университет им ак. М.С. Осими	Tajik Technical University named after ac. M. S. Osimi
н.и.ф.-м., дотсент	к.ф.-м.н., доцент.	Candidate of Physical and Mathematical Sciences
e.mail: anvary@ttu.tj		
TJ	RU	EN
Абдурасулов Далер Анварович	Абдурасулов Далер Анварович	Abdurasulov Daler Anvarovich
Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи М. С. Осимӣ	Таджикский технический университет им ак. М.С. Осими	Tajik Technical University named after ac. M. S. Osimi
муаллими калон	старший преподаватель	Senior lecturer
e.mail: daler_a@mail.ru		
TJ	RU	EN
Азизуллоев Фозил Раҳимуллоевич	Азизуллоев Фозил Раҳимуллоевич	Azizulloev Fozil Rahimulloevich
Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи М. С. Осимӣ	Таджикский технический университет им ак. М.С. Осими	Tajik Technical University named after ac. M. S. Osimi
ассистент	ассистент	assistant

УДК 620.17

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА CsSnBr₃

А.С. Бурхонзода¹, Ш.А. Бозоров², Д.Д. Нематов¹, М.М. Каюмов¹

¹Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАНТ

²Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В настоящей работе с помощью теории функционала плотности, реализованной в коде VASP, проведены первопринципные расчеты для изучения структурных, электронных и упругих свойств перовскитовых соединений β -CsSnBr₃ при давлениях 0-30 ГПа. Установлено, что структура кристаллических перовскитовых соединений механически стабильна при 0-30 ГПа. С ростом давления наблюдается снижение константы решетки. В то же время наблюдалось увеличение термодинамических свойств, таких как температура Дебая и средняя скорость звука. Кроме того, с ростом давления увеличивались значения механических параметров, таких как константа упругости. Рассчитанные значения B/G указывают на вязкость материала при различных давлениях. Модуль Юнга увеличивается с ростом давления, указывая на то, что исследуемый материал становится более жестким. Электронные параметры указывают на то, что соединения можно отнести к полупроводниковым материалам. С увеличением давления значения ширины запрещенной зоны уменьшается. Наши расчеты показывают, что изученные соединения могут быть подходящими кандидатами для оптоэлектронных приложений.

Ключевые слова: бесвинцовые перовскиты, электронные и оптические свойства, упругие модули, ТФП, фотоэлектрические приложения, солнечные элементы, β -CsSnBr₃.

MODELING THE EFFECT OF HIGH PRESSURE ON THE STRUCTURAL, ELECTRONIC AND MECHANICAL PROPERTIES OF CsSnBr₃

A.S. Burhonzoda, Sh.A. Bozorov, D.D. Nematov, Qayumov M.M.

In the present work, first-principles calculations have been carried out using density functional theory implemented in the VASP code to study the structural, electronic and elastic properties of perovskite β -CsSnBr₃ compounds at pressures of 0-30 GPa. It is found that the structure of crystalline perovskite compounds is mechanically stable at pressures of 0-30 GPa. With increasing pressure, a decrease in the lattice constant was observed. At the same time, an increase in thermodynamic properties such as Debye temperature and average sound speed was observed. In addition, the values of mechanical parameters such as elasticity constant increased with increasing pressure. The calculated values of B/G indicate the viscosity of the material at different pressures. Young's modulus increases with increasing pressure, indicating that the material under study becomes stiffer. The electronic parameters indicate that the compounds can be classified as semiconductor materials. The band gap width values decrease with increasing pressure. Our calculations show that the studied compounds may be suitable candidates for optoelectronic applications.

Keywords: lead-free perovskites, electronic and optical properties, elastic moduli, DFT, photovoltaic applications, solar cells, β -CsSnBr₃.

МОДЕЛСОЗИИ ТАЪСИРИ ФИШОРИ БАЛАНД БА ХОСИЯТҲОИ СОХТОРӢ, ЭЛЕКТРОНӢ ВА МЕХАНИКИИ CsSnBr₃

А.С. Бурхонзода, Ш.А. Бозоров, Д.Д. Нематов, М.М. Қаюмов

Дар мақолаи мазкур бо истифода аз назарияи функционалии зичӣ, ки дар коди VASP амалӣ карда шудааст, ҳисоббарориҳо барои омӯзиши хосиятҳои сохторӣ, электронӣ ва эластикӣ пайвастагиҳои перовскитҳои β -CsSnBr₃ дар фишори 0-30 ГПа гузаронида шудааст. Муқаррар карда шудааст, ки сохтори панҷараи кристаллии перовскит дар 0-30 ГПа аз ҷиҳати механикии устувор аст. Бо зиёд шудани фишор камшавии доимии панҷараи кристаллӣ мушоҳида мешавад. Дар баробари ин, афзоиши хосиятҳои термодинамикӣ ба монанди ҳарорати Дебай ва суръати миёнаи садо мушоҳида карда шуд. Модули Юнг бо афзоиши фишор зиёд мешавад. Ин нишон медиҳад, ки маводи омӯхташаванда сахттар мешавад. Ҳисоббарориҳои мо нишон медиҳанд, ки пайвастагиҳои омӯхташуда метавонанд барои истифода дар таҷҳизотҳои оптоэлектронӣ номзадҳои мувофиқ бошанд.

Калидвожаҳо: перовскитҳои бесурб, хосиятҳои электронӣ ва оптикӣ, модулиҳои чандирӣ, НФЗ, лавҳаҳои офтобӣ, β -CsSnBr₃.

ВВЕДЕНИЕ

Хотя в последние десятилетия использование солнечных батарей и оптоэлектронных устройств значительно расширилось, ученые все еще ищут материал, который был бы гораздо более эффективным, доступным и, что самое главное, экологически чистым [1-4]. В последнее время металлогалогенидные перовскиты достигли центра научного интереса исследователей благодаря своим желаемыми химическими, электронными, механическими и фотоэлектрическими свойствами, таким как высокая поглощающая способность, высокая подвижность носителей, меньшая энергия связи экситонов и привлечение в солнечных элементах [5-9]. Металлогалогенидные перовскиты имеющие форму ABX₃ (здесь где А – катион, В – ион металла, а Х – анион галогена) демонстрируют большой потенциал для применения в солнечной энергетике благодаря своим отличному коэффициенту поглощения, длительный срок службы и легко управляемыми ширины запрещенной зоны [10-18]. Использование перовскитов галогенида свинца (CsPbX₃) в качестве поглотителей в солнечных элементах имеет ряд преимуществ и недостаток по сравнению с другими галогенидными перовскитами. Малая ширина запрещенная зона и хорошая поглотительная способность позволяет им быть хорошим материалом для оптоэлектронных приложений, однако такие структуры в температуры окружающей среды неустойчивы, также Pb является токсичными и неблагоприятны для природы. Поэтому крайне желательно, чтобы

свинец был заменен другими нетоксичными элементами. Таким образом, для получения свободного от свинца материала для фотоэлектрического применения сайт В в ABX_3 ($B = Pb^{2+}$) могут быть заменены другими двухвалентными металлами. Наиболее подходящим заменителем позиции Pb является двухвалентный металл Sn^{2+} [19-21]. В настоящее время проведен ряд исследований структурных электронных и упругих свойств $CsSnBr_3$ [22,23]. Однако влияние давления на металлогалогенный перовскит β - $CsSnBr_3$ малоизучено.

Таким образом, целью данной работы является исследование геометрической структуры, электронных и механических свойств $CsSnBr_3$ при различных давлениях.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ

Наши расчеты выполнены с использованием Венского пакета ab initio моделирования (VASP) [24] в рамках теории функционала плотности (ТФП). В первой этапы исследования нами было проведено тщательного теста сходимости по отношению к cut-off energy и KPOINTS, в результате которого получены их оптимальные значения для дальнейших расчетов. Таким образом, было выбрано 500 eV для cut-off energy для всех фаз $CsSnBr_3$. Выборка сетки k-точек Монкхорста-Пака была установлена на $5 \times 5 \times 7$ для β - $CsSnBr_3$ (тетрагональный P4/mbm (127)). Кристаллические решетки были оптимизированы с использованием одного и того же программного обеспечения и при тех же условиях с использованием приближения обобщенного градиента, предложенного Пердью, Берком и Эрнцерхофом (GGA-PBE) [25] для выражения электронно-электронной корреляции. Упругие свойства были рассчитаны при тех же условиях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис.1 изображена тетрагональная кристаллическая структура $CsSnBr_3$ (P4/mbm, пространственная группа № 127) (Рис. 1), имеющая 10-атомную элементарную ячейку.

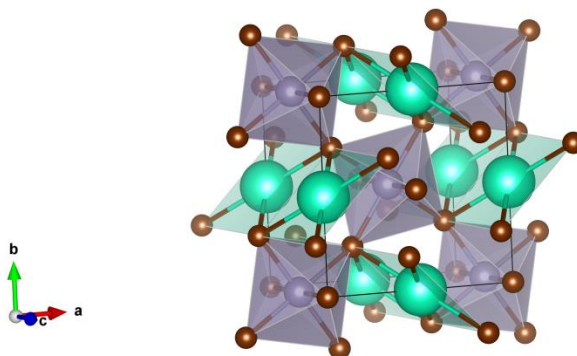


Рис 1 – Элементарная ячейка $CsSnBr_3$

Путем проведения геометрической оптимизации параметры кристаллической решетки исследуемой системы (Табл. 1) были найдены при давлениях от 0 до 30 ГПа с шагом 5 ГПа и представлены на рис. 2. Полученные результаты показывают, что с ростом давления параметры кристаллической решетки β - $CsSnBr_3$ уменьшаются.

Табл. 1 – Расчетные значения постоянных решетки a и c , относительный объем V/V_0 и ширина запрещенная зона β - $CsSnBr_3$ при давлениях 0-30 ГПа

Параметры решетки и ШЗЗ	Давление (ГПа)						
	0	5	10	15	20	25	30
$a=b$ (Å)	8.249	8.17	8.1	8.025	7.971	7.903	7.85
c (Å)	5.941	5.906	5.874	5.852	5.826	5.812	5.795
V/V_0	1	0.975	0.953	0.932	0.915	0.897	0.883
Ширина запрещенная зона (эВ)	1.139	1.091	1.038	1.027	0.989	0.974	0.96

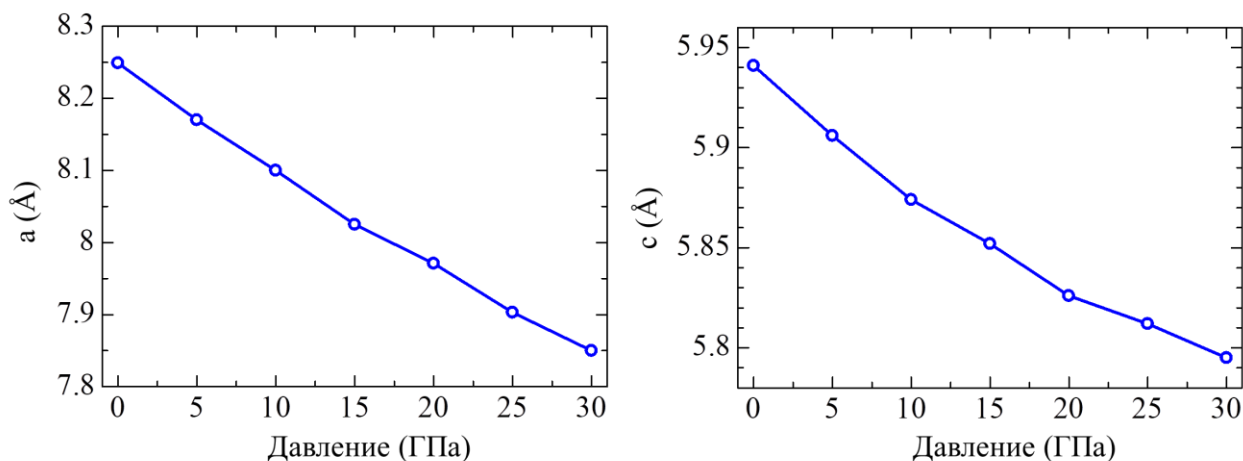


Рис. 2 – Зависимость параметры решетки a и c β -CsSnBr₃ в зависимости от давления.

Уменьшение объема кристалла под действием давления можно описать уравнением состояния Мурнагана.

$$V/V_0 = \left(1 + P \frac{B'}{B}\right)^{-\frac{1}{B'}} \quad (1)$$

где V и V_0 — объемы при повышенном давлении P и давлении окружающей среды соответственно. B — модуль объемного сжатия, а B' — его производная по давлению. Рассчитанная зависимость относительного изменения объема V/V_0 от давления для β -CsSnBr₃ представлена на рис. 3.

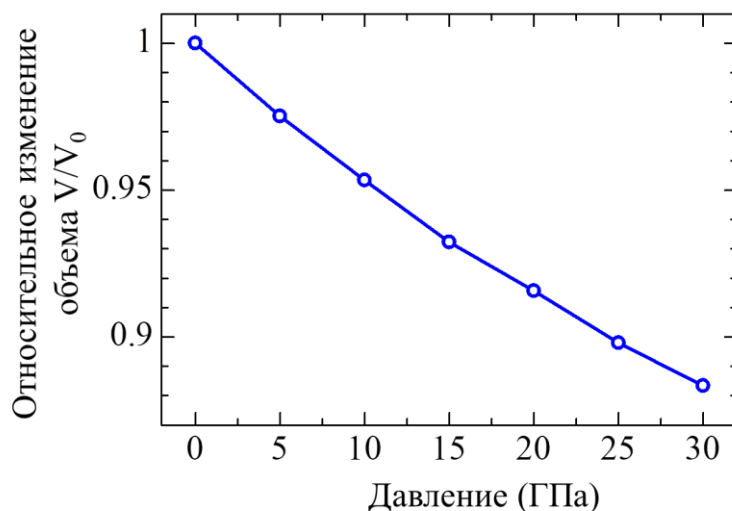


Рис. 3 – Расчетный относительный объем V/V_0 β -CsSnBr₃ в зависимости от давления.

Для оптоэлектронных материалов важно гарантировать структурную и термодинамическую стабильность перовскитного соединения CsSnBr₃, которую можно оценить с помощью коэффициента толерантности Гольдшмидта и октаэдрического фактора с помощью уравнений (2) и (3) соответственно [26-27].

$$t_G = \frac{R_A + R_X}{\sqrt{2}(R_B + R_X)} \quad (2)$$

$$\mu = \frac{R_B}{R_A} \quad (3)$$

R_A и R_B являются эффективным радиусом Cs⁺ и Sn²⁺, соответственно, R_X эффективный радиус Br.

Стабильная трехмерная структура галогенидного перовскита обычно может быть сформирована при $0.80 \leq t_G \leq 1.0$ и $0.44 \leq \mu \leq 0.9$. Для CsSnBr_3 , $\mu = 0,61$ и значения $t_G = 0.931$, что указывает на стабильную структуру перовскита.

Мы также провели квантово-химические расчеты для изучения электронных свойств исследуемых систем. Приложенное давление также меняет электронную структуру твердого тела, что приводит к сужению запрещенной зоны. Мы определяли запрещенную зону по разнице между максимумом валентной зоны (VBM) и минимумом зоны проводимости (CBM). Полученные результаты (Рис. 4) показывают, что ширина запрещенной зоны уменьшается с ростом давления.

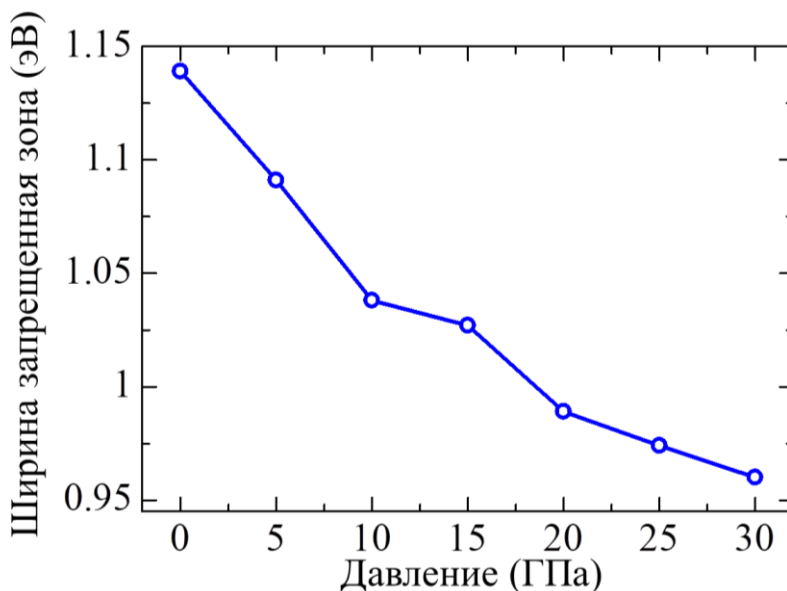


Рис. 4 – Зависимость запрещенной зоны $\beta\text{-CsSnBr}_3$ в зависимости от давления.

Константы упругой жесткости твердых тел представляют интерес, поскольку они связаны с межатомной связью, фононными спектрами и некоторыми другими фундаментальными явлениями в твердых телах. Число упругих констант зависит от симметрии кристалла. В тетрагональных системах число независимых упругих констант связано с пространственной группой. В нашем случае для тетрагональной фазы перовскита CsSnBr_3 имеется 6 независимых упругих постоянных, которые обычно задаются следующей матрицей:

$$\begin{cases} C_{11} & C_{12} & C_{13} & 0 & 0 & 0 \\ C_{12} & C_{11} & C_{13} & 0 & 0 & 0 \\ C_{13} & C_{13} & C_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{66} \end{cases}$$

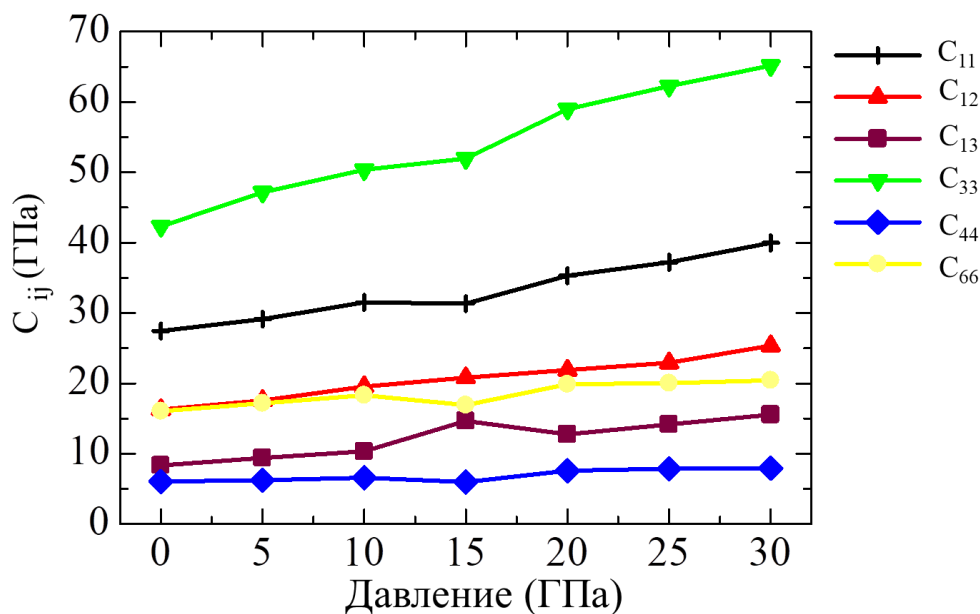
Непосредственным вычислением собственных значений матрицы жесткости, приведенной выше, можно получить следующие четыре необходимых и достаточных условия упругой устойчивости в тетрагональных случаях:

$$\begin{cases} C_{11} > |C_{12}|; 2C_{13}^2 < C_{33}(C_{11} + C_{12}) \\ C_{44} > 0; C_{66} > 0 \end{cases}$$

Упругие константы $\beta\text{-CsSnBr}_3$ были рассчитаны с использованием метода растяжения-деформации, реализованного в VASP, которые обобщены в таблице 2 (все в ГПа) и представлены на рисунке 5 в зависимости от давления. Результаты показывают, что все упругие константы имеют тенденцию увеличиваться с увеличением давления. По условию упругой устойчивости в тетрагональном случае исследуемая система является механически устойчивой.

Табл. 2 – Рассчитанные упругие константы β -CsSnBr₃

Система	Давление (ГПа)	Давление (ГПа)					
		C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₃₃	C ₄₄	C ₆₆
CsSnBr ₃	0	27.456	16.275	8.341	42.309	6.064	16.059
	5	29.135	17.571	9.409	47.158	6.234	17.175
	10	31.516	19.544	10.344	50.363	6.596	18.315
	15	31.341	20.820	14.665	51.961	5.978	16.918
	20	35.309	21.894	12.761	58.969	7.588	19.883
	25	37.217	22.933	14.171	62.248	7.878	20.033
	30	39.972	25.360	15.557	65.164	7.935	20.434


 Рис. 5 – Упругие константы C_{ij} для β -CsSnBr₃ в зависимости от давления.

Используя данные упругих постоянных C_{ij} для монокристалла, можно рассчитать модуль объемного сжатия (B), модуль сдвига (G), скорость продольной волны, скорость поперечной волны, среднюю скорость волны и температуру Дебая (Табл. 3). Все эти механические характеристики были получены с использованием программного кода VASPKIT [28-35], который обрабатывает выходные файлы VASP. На основе модуля объемного сжатия (B) и модуля сдвига (G), полученных с помощью программного кода VASPKIT, другие механические параметры материала, такие как модуль Юнга (E), коэффициент Пуассона (ν), модуль продольной волны (M), коэффициент Пью (k) можно оценить следующим образом:

$$E = \frac{9BG}{3B+G} \quad (4)$$

$$\nu = \frac{3B-2G}{6B+2G} \quad (5)$$

$$M = B + \frac{4G}{3} \quad (6)$$

$$k = \frac{B}{G} \quad (7)$$

Механические свойства полупроводниковых материалов, такие как пластичность и хрупкость, имеют большое значение для их применения. Модуль объемного сжатия B отражает способность твердых тел выдерживать сжатие, а модуль сдвига G означает способность твердых тел выдерживать сдвиговую деформацию. У твердого материала модуль упругости будет больше. Результаты показывают, что значение B увеличивается с увеличением давления.

Пластичность определяется как способность материала изменять свою форму без потери прочности или разрушения. С другой стороны, хрупкость определяется как свойство материала разрушаться без значительной пластической деформации под действием силы. Соотношение B/G указывает на хрупкость и пластичность материала. Материал будет пластичным, если соотношение B/G

больше 1,75; в противном случае он будет хрупким. Рассчитанные значения V/G указывают на пластичный характер $\beta\text{-CsSnBr}_3$.

Значения коэффициента Пуассона ν говорят нам о характеристиках сил связи. В твердых телах нижний и верхний пределы центральных сил составляют соответственно 0,25 и 0,5. Для обоих полупроводников полученные значения ν находятся в диапазоне 0,28-0,31, что указывает на то, что межатомные силы управляются центральными силами и существует ионный характер связи.

Модуль Юнга E является наиболее важным параметром для технологических и инженерных приложений. Модуль Юнга определяется как отношение напряжения к деформации и является мерой жесткости твердого материала. Полученные результаты показывают, что Модуль Юнга увеличивается с увеличением давления, что указывает на то, что $\beta\text{-CsSnBr}_3$ становится более жесткими.

Волна давления или модуль продольной волны, также известный как продольный модуль, связан с однородными изотропными линейно-упругими материалами и описывает отношение осевого напряжения к осевой деформации в состоянии одноосной деформации. По мере увеличения давления величина P -волны соответственно увеличивается.

Рассчитанные объемный модуль B , модуль Юнга E , модуль сдвига G , коэффициент Пуассона ν , модуль продольной волны, коэффициент Пью для $\beta\text{-CsSnBr}_3$ при давлении 0-30 ГПа приведены в таблице 3.

Температура Дебая является фундаментальным и очень важным параметром для определения физических свойств, таких как зависимость теплопроводности от температуры, описываемая моделью Кэхилла-Поля, и зависимость теплоемкости от температуры, описываемая моделью Дебая. Температура Дебая Θ_D пропорциональна средней скорости упругой волны v_a . Тогда температуру Дебая Θ_D можно оценить по средней скорости упругой волны v_a :

$$\Theta_D = \frac{h}{k} \left(\frac{3n}{4\pi} \left(\frac{N_A \rho}{M} \right) \right)^{1/3} v_a \quad (8)$$

здесь

$$v_a = \left[\frac{1}{3} \left(\frac{2}{v_t^3} + \frac{1}{v_l^3} \right) \right]^{-1/3}$$

здесь h и k являются постоянные Планка и Больцмана, соответственно. N_A – число Авогадро, ρ – плотность, M – молекулярная масса, n – количество атомов в формульной единице (здесь пять для CsSnBr_3).

Табл. 3 – Расчетный объемный модуль B , модуль Юнга E , модуль сдвига G , коэффициент Пуассона ν , модуль продольной волны, коэффициент Пью, скорость продольной волны, скорость поперечной волны, средняя скорость волны, температура Дебая для $\beta\text{-CsSnBr}_3$.

Механические свойства	Давление (ГПа)						
	0	5	10	15	20	25	30
Модуль объемной упругости B (ГПа)	18.07	19.696	21.446	23.644	24.747	26.352	28.476
Модуль Юнга E (ГПа)	22.937	24.24	25.745	23.732	29.031	30.146	31.002
Модуль сдвига G (ГПа)	8.901	9.36	9.902	8.904	11.127	11.512	11.756
Коэффициент Пуассона ν	0.288	0.295	0.3	0.333	0.304	0.309	0.319
Модуль продольной волны (ГПа)	29.938	32.176	34.649	35.516	39.583	41.701	44.15
Коэффициент Пью (B/G)	2.03	2.104	2.166	2.655	2.224	2.289	2.422
Скорость продольной волны (м/с)	2723.674	2788.473	2860.947	2864.5	2996.854	3046.199	3108.655
Скорость поперечной волны (м/с)	1485.107	1503.948	1529.432	1434.255	1588.936	1600.514	1604.114
Средняя скорость волны (м/с)	1656.427	1678.793	1708.326	1608.834	1775.817	1789.868	1796.03
Температура Дебая (К)	143.7	146.8	150.6	142.8	158.6	160.9	162.4

ВЫВОДЫ

Методом ТФП исследованы структурные, электронные и упругие свойства $\beta\text{-CsSnBr}_3$ при давлениях 0-30 ГПа. Как установлено структурным анализом, исследуемая система имеет тетрагональную и устойчивую структуру. Мы обнаружили, что постоянная решетки и ширина запрещенной зоны CsSnBr_3 уменьшаются с ростом давления. Рассчитаны упругие константы C_{ij} β -

CsSnBr₃, а также их модуль объемного сжатия В, модуль Юнга Е, модуль сдвига G, коэффициент Пуассона ν, модуль продольной волны, коэффициент Пью, скорость продольной волны, скорость поперечной волны, средняя скорость волны, и температура Дебая. Изучаемый материал оказалось пластичными и механически стабильными перовскитами согласно критериям борновской устойчивости.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнялась в Физико-техническом институте им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана при поддержке Международного научно-технологического центра (МНТЦ), проект ТЈ-2726.

Рецензент: Салихов Ш.Х. – д.ф.м.н., профессор, главный научный сотрудник отдела физики конденсированного состояния ИИИМТЭСУ, чл.-корр. НААНТ

ЛИТЕРАТУРА

1. Callister Jr, W. D. (2007). Materials science and engineering an introduction.
2. Burhonzoda, A. (2023). DFT Study on the Electronic Structure and Optical Properties of Orthorhombic Perovskite CsPbBr₃ Doped with I and Cl. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 13(6), 516.
3. Wang, G., Chang, J., Bi, J., Lei, M., Wang, C., & Qiao, Q. (2022). Inorganic CsSnI₃ perovskite solar cells: the progress and future prospects. *Solar RRL*, 6(4), 2100841.
4. Li, B., Di, H., Chang, B., Yin, R., Fu, L., Zhang, Y. N., & Yin, L. (2021). Efficient passivation strategy on Sn related defects for high performance all-Inorganic CsSnI₃ perovskite solar cells. *Advanced Functional Materials*, 31(11), 2007447.
5. Afsari, M., Boochani, A., & Hantezadeh, M. (2016). Electronic, optical and elastic properties of cubic perovskite CsPbI₃: Using first principles study. *Optik*, 127(23), 11433-11443.
6. Shai, X. X., Li, D., Liu, S. S., Li, H., & Wang, M. K. (2016). Advances and Developments in Perovskite Materials for Solar Cell Applications. *Acta Physico-Chimica Sinica*, 32(9), 2159-2170
7. Kojima, A., Teshima, K., Shirai, Y., & Miyasaka, T. (2009). Organometal halide perovskites as visible-light sensitizers for photovoltaic cells. *Journal of the american chemical society*, 131(17), 6050-6051.
8. Lakhdar, N., & Hima, A. (2020). Electron transport material effect on performance of perovskite solar cells based on CH₃NH₃GeI₃. *Optical Materials*, 99, 109517.
9. Heo, J. H., & Im, S. H. (2016). CH₃NH₃PbBr₃-CH₃NH₃PbI₃ perovskite-perovskite tandem solar cells with exceeding 2.2 V open circuit voltage. *Advanced Materials*, 28(25), 5121-5125.
10. Evarestov, R. A., Kotomin, E. A., Senocrate, A., Kremer, R. K., & Maier, J. (2020). First-principles comparative study of perfect and defective CsPbX₃ (X= Br, I) crystals. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 22(7), 3914-3920.
11. Di Liberto, G., Fatale, O., & Pacchioni, G. (2021). Role of surface termination and quantum size in α-CsPbX₃ (X= Cl, Br, I) 2D nanostructures for solar light harvesting. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 23(4), 3031-3040.
12. Abdulkareem, N. A., Sami, S. A., & Elias, B. H. (2020). Structural, electronic and optical properties of cubic perovskite CsPbX₃ (X= Br, Cl and I). *Science Journal of University of Zakho*, 8(1), 23-28.
13. Chen, L. C., Tien, C. H., Tseng, Z. L., & Ruan, J. H. (2019). Enhanced efficiency of MAPbI₃ perovskite solar cells with FAPbX₃ perovskite quantum dots. *Nanomaterials*, 9(1), 121.
14. Belous, A. G., Ishchenko, A. A., V'yunov, O. I., & Torchyniuk, P. V. (2021). Preparation and Properties of Films of Organic-Inorganic Perovskites MAPbX₃ (MA= CH₃NH₃; X= Cl, Br, I) for Solar Cells: A Review. *Theoretical and Experimental Chemistry*, 56, 359-386.
15. Kenfack, A. K., Msimanga, M., & Thantsha, N. M. (2023). Computational modelling and improvement of heterojunction perovskite solar cell based on CsPbI₃/MAPbX₃ (X= I- xBrx). *Optik*, 289, 171288.
16. Lang, L., Yang, J. H., Liu, H. R., Xiang, H. J., & Gong, X. G. (2014). First-principles study on the electronic and optical properties of cubic ABX₃ halide perovskites. *Physics Letters A*, 378(3), 290-293.
17. Murtaza, G., & Ahmad, I. (2011). First principle study of the structural and optoelectronic properties of cubic perovskites CsPbM₃ (M= Cl, Br, I). *Physica B: Condensed Matter*, 406(17), 3222-3229.
18. Geisz, J. F., France, R. M., Schulte, K. L., Steiner, M. A., Norman, A. G., Guthrey, H. L., ... & Moriarty, T. (2020). Six-junction III-V solar cells with 47.1% conversion efficiency under 143 Suns concentration. *Nature energy*, 5(4), 326-335.
19. Kagan, C. R., Mitzi, D. B., & Dimitrakopoulos, C. D. (1999). Organic-inorganic hybrid materials as semiconducting channels in thin-film field-effect transistors. *Science*, 286(5441), 945-947.
20. Stoumpos, C. C., & Kanatzidis, M. G. (2015). The renaissance of halide perovskites and their evolution as emerging semiconductors. *Accounts of chemical research*, 48(10), 2791-2802.
21. Stoumpos, C. C., Malliakas, C. D., & Kanatzidis, M. G. (2013). Semiconducting tin and lead iodide perovskites with organic cations: phase transitions, high mobilities, and near-infrared photoluminescent properties. *Inorganic chemistry*, 52(15), 9019-9038.
22. Ali, L., Ahmad, M., Shafiq, M., Zeb, T., Ahmad, R., Maqbool, M., ... & Amin, B. (2020). Theoretical studies of CsSnX₃ (X= Cl, Br and I) for energy storage and hybrid solar cell applications. *Materials Today Communications*, 25, 101517.
23. Hasan, N., Arifuzzaman, M., & Kabir, A. (2022). Structural, elastic and optoelectronic properties of inorganic cubic FrBX₃ (B= Ge, Sn; X= Cl, Br, I) perovskite: the density functional theory approach. *RSC advances*, 12(13), 7961-7972.
24. Kresse, G., & Furthmüller, J. (1996). Efficiency of ab-initio total energy calculations for metals and semiconductors using a plane-wave basis set. *Computational materials science*, 6(1), 15-50.

25. Perdew, J. P., Burke, K., & Wang, Y. (1996). Generalized gradient approximation for the exchange-correlation hole of a many-electron system. *Physical review B*, 54(23), 16533.
26. Goldschmidt, V. M. (1926). Die gesetze der krystallochemie. *Naturwissenschaften*, 14(21), 477-485.
27. Li, C., Lu, X., Ding, W., Feng, L., Gao, Y., & Guo, Z. (2008). Formability of abx_3 ($x = f, cl, br, i$) halide perovskites. *Acta Crystallographica Section B: Structural Science*, 64(6), 702-707.
28. Marmier, A., Lethbridge, Z. A., Walton, R. I., Smith, C. W., Parker, S. C., & Evans, K. E. (2010). EIAM: A computer program for the analysis and representation of anisotropic elastic properties. *Computer Physics Communications*, 181(12), 2102-2115.
29. Gaillac, R., Pullumbi, P., & Coudert, F. X. (2016). ELATE: an open-source online application for analysis and visualization of elastic tensors. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 28(27), 275201.
30. Voigt, W. (1928). *Lehrbuch der Kristallphysik (Textbook of crystal physics)*. BG Teubner, Leipzig und Berlin.
31. Reuß, A. (1929). Berechnung der fließgrenze von mischkristallen auf grund der plastizitätsbedingung für einkristalle. *ZAMM-Journal of Applied Mathematics and Mechanics/Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik*, 9(1), 49-58.
32. Hill, R. (1952). The elastic behaviour of a crystalline aggregate. *Proceedings of the Physical Society. Section A*, 65(5), 349.
33. Anderson, O. L. (1963). A simplified method for calculating the Debye temperature from elastic constants. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 24(7), 909-917.
34. Tian, Y., Xu, B., & Zhao, Z. (2012). Microscopic theory of hardness and design of novel superhard crystals. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 33, 93-106.
35. V. Wang, N. Xu, J.-C. Liu, G. Tang, W.-T. Geng, VASPKIT: A User-Friendly Interface Facilitating High-Throughput Computing and Analysis Using VASP Code, *Computer Physics Communications* 267, 108033, (2021), DOI: 10.1016/j.cpc.2021.108033.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ - INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Бурхонзода Амондиллои Сайдали	Бурхонзода Амондиллои Сайдали	Burhonzoda Amonilloi Saidali
Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умаров АМИТ	Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАНТ	S.U. Umarov Physical-Technical Institute of the NAST
н.и.т., ассистент	к.т.н, ассистент	candidate of technical sciences, assistant
e. mail: amondullo.burkhonzoda@mail.ru		
TJ	RU	EN
Бозоров Шамсуддин Аломуддинович	Бозоров Шамсуддин Аломуддинович	Bozorov Shamsuddin Alomuddinovich
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет им ак. М.С. Осими	Tajik Technical University named after ac. M.S. Osimi
н.и.т., и.в.дотсент	к.т.н, и.о.доцента	Candidat of engineering sciences
e. mail: bozorov_shamsiddin@mail.ru		
TJ	RU	EN
Нематов Дилшод Давлатшоевич	Нематов Дилшод Давлатшоевич	Nematov Dilshod Davlatshoevich
Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умаров АМИТ	Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАНТ	S.U. Umarov Physical-Technical Institute of the NAST
н.и.т., ассистент	к.т.н, ассистент	candidate of technical sciences, assistant
e. mail: dilnem@mail.ru		
Каюмов Махмадзоир Махмарачабович	Каюмов Махмадзоир Махмараджабович	Kayumov Makhmadzoir Mahmarajabovich
Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умаров АМИТ	Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАНТ	S.U. Umarov Physical-Technical Institute of the NAST
Доктори PhD, ассистент	Доктор PhD, ассистент	PhD, assistant
e. mail: kmakhmadzoir@gmail.com		

УДК 678.07(075.8):664

ПАРДАҲОИ БИОПОЛИМЕРИИ ХҶРДАНБОБ: КОРКАРД ВА ХОСИЯТҲОИ ФИЗИКО-МЕХАНИКИИ ОНҶО (мақолаи таҳлилий: пажуҳишӣ: омӯзишӣ)

И.Б. Исмоилов

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Дар мақолаи мазкур оид ба маводи аввала, таърихи истеҳсол, тадқиқот оид ба хосиятҳои физикию механикӣ ва соҳаи истифодабарии пардаҳои композитии биополимерии хурданбоби фаношаванда (ПКБХФ) маълумоти мухтасар оварда шудааст. Дар асоси маълумотҳои мавҷуда нишон дода шудааст, ки аксари ПКБХФ-и аз биополимери фардӣ сохташуда дорои хосиятҳои зарурии механикӣ физикӣ намебошанд. Қайд карда мешавад, ки биокompозитҳои дар таркибашон моддаҳои гуногуни ғабولى биологӣ дошта дар ҳалли масъала ҷолиб мебошанд. Масалан, ҳангоми афзудани миқдори массавии зеин дар биопардаҳои дорои зеин/глюкоманнан мустақами биокompозитҳо аз 19% то 73% меафзояд.

Калимаҳои калидӣ: биополимер, биокompозит, ҳудуди мустақамӣ, дарозшавии нисбӣ, зеин, глюкоманнан.

БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ СЪЕДОБНЫЕ КОМПОЗИТЫ: РАЗРАБОТКА И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

И.Б. Исмоилов

В статье приведена информация о сырье, способе производства, физико-механические свойства и сфера использования биоразлагаемых съедобных полимерных композитов. На основе анализа существующей информации показано, что большинство биоразлагаемых полимерных композитов изготовлены из индивидуального биополимера не обладают необходимыми физико-механическими свойствами. Отмечается, что для решения задачи уделяется внимание биополимерным композитам содержащие различные активные биологические добавки. Например, увеличение массового количества зеина можно добиться повышения прочности биокompозитных пленок, содержащих зеин /глюкоманнана от 19% до 73%.

Ключевые слова: биополимер, биокompозит, прочность на разрыв, относительное удлинение, зеин, глюкоманнан.

BIOPOLYMER EDIBLE COMPOSITES: DEVELOPMENT, PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES (REVIEW)

I.B. Ismoilov

The article presents the history of origin and development, raw materials for production, scope of use, production method and physical and mechanical characteristics of biodegradable edible polymer composites. Analysis of literature data shows that most biodegradable polymer composites made from an individual biopolymer have unsatisfactory mechanical properties, and their physical and mechanical properties depend on the addition of various biological additives. For example, when glucomannan and zein are used together, the strength of biocomposites increases from 19% to 73%.

Key words: biopolymer, biocomposite, tensile strength, elongation, zein, glucomannan.

АЗ ТАЪРИХИ ИСТЕҲСОЛ ВА ИСТИФОДАИ БИОПАРДАҲОИ ХҶРДАНБОБУ ФАНОШАВАНДА

Маводҳои полимерӣ бобаҳо буда, дар шароити табиӣ дер пойда, худ аз худ ба дигар элементҳо тақсим намешаванд. Аз ин рӯ ҷамъшавии босуръати партовҳои полимерӣ дар сатҳи замин ба яке аз мушкилотҳои асосии экологии замони муосир табдил ёфтааст. Мушоҳидаҳо нишон медиҳанд, ки қисмати асосии партовҳо аз ҳисоби истифодаи маиши пардаҳои полимерӣ дар шақли зарф, қутӣ, халтаҳо, рӯйпӯш ва дигар маводҳои бандубаст ҳосил мешаванд. Тибқи маълумоти дастрас айни ҳол дар ҷаҳон то 30%-и партовҳои полимерӣ коркард карда шуда, 30%-и дигараш сӯзонда безарар карда мешавад. Боқимонда 40%-и дигараш босуръат сатҳи заминро “ифлос” карда истодааст [1, 2].

Яке аз роҳҳои ҳалли ин масъала иваз намудани пардаҳои полимерии дар шароити табиӣ устувору вайроннашаванда ба пардаҳои композитии биополимерии хурданбобу дар шароити табиӣ худ ба худ фаношаванда мебошад.

Мақолаи мазкур ба тавсири дастоварду мушкилиҳо дар самти ҳосил, таҳқиқ ва истифодаи пардаҳои композитии биополимерии хурданбоби фаношаванда (ПКБХФ) бахшида шудааст.

Агар ба таърих назар афканем, мебинем, ки истеҳсол ва истифодаи ПКБХФ навабуд, аз замони қадим маълум аст [3].

Дар Хитойи қадим барои ба роҳҳои дур интиқол додан ва нигоҳ доштани сифати маҳсулоти хӯрокворӣ, аз ҷумла барои нигоҳ доштани сифат ва чандирияти мевачоти ситрусӣ аз усулҳои гуногун истифода мекарданд. Аз ҷумла, дар асри 12 аз музофотҳои ҷанубии Хитой ба музофотҳои шимолии он барои бо сифати баланд ба дастархони император бурда расонидани лимон онро бо қабати тунуки муми табиӣ рӯйпӯш мекарданд, ки он ҳамчун аввалин ПКБХФ ҳисобида мешавад [4]. Дар асри 15 ин технология дар Аврупо номи махсуси “лардинг”-ро гирифт, ки маънои бо қабати тунуки мум ё рағван рӯйпӯш карданро дорад ва мевачотро муддат аз хушқавӣ ва пӯсидан эмин медорад.

Ҳарчанд “лардинг” идеалӣ набуд ва бо сабаби вайрон шудани мубодилаи газ таъми ғизо коҳиш ёфта, тадриҷан намуди зоҳирӣ ва намуди бозоргири он гум мешуд, лекин бо сабаби набудани усули беҳтари дигар нигоҳдории маҳсулоти тару тоза бо ин усул то асри 19 васеъ истифода мекардид [5].

Аввалин патент барои истифодаи ПКБХФ дар асри 18 дар Япония барои сохтани зарфи як дафъа истифодашавандаи аз хокаи биринчи пресшуда сохташуда, дода шуда буд [5].

Имрӯзо дар тамоми кишварҳои ҷаҳон аз зарфҳои аз маводи хӯрданбоб сохташуда васеъ истифода менамоянд. Масалан, ширкати Lavazza зарфҳои вафлигии бо хуришҳои гуногун – намак, шакар, хушбйкунандаҳо иловашударо ба муштариёнаш пешниҳод менамояд, ки барои бастабандии йогурт, яхмос, панирҳо ва ғайра истифода бурда мешавад [6] (расми 1).



Расми 1 – Истакони вафлигии хӯрданбоб аз ширкати Lavazza барои истеъмоли кофе

Дар асри 19 барои боз ҳам хубтар нигоҳ доштани сифати маҳсулоти хӯрока парда (плёнкаи) полимери хӯрдашавандаи нави ихтироъ карданд, ки онро Ёуба (Yuba) меномиданд ва он дар асоси ҷӯшонидани шири растани зоти мушунг (соя, растани оилаи лӯбиёгӣ) ба даст оварда шуда буд [7].

Патенти нахустин барои ихтирои ПКБХФ, ки барои нигоҳдории маҳсулоти гӯшти пешбинӣ шуда буд, дар асри 19 дар Амрико ба қайд гирифта шудааст. Баъдтар барои нигоҳдории маҳсулоти гӯшти дар Амрико истифодаи рӯйкашҳои желатиниро пешниҳод карда буданд [8].

Дар замони муосир кишвари Олмон дар самти ихтирои ПКБХФ, ки барои нигоҳдории маҳсулоти гӯшти истифода мешавад, назар ба дигар кишварҳо пешсаф аст.

Масъалаи ба даст овардани ПКБХФ - е, ки сифати аълои маҳсулоти хӯрокаро таъмин менамоянд, дар ибтидои асри 20 ба миён омад ва Амрико дар он замон якчанд намуди ПКБХФ - ро истеҳсол ва пешниҳод намуда буд.

Дар замони муосир ширкатҳои истеҳсолкунанда истеҳсоли намудҳои гуногуни ПКБХФ-е ба роҳ мондаанд, ки дар хоҷагии халқ васеъ истифода мешаванд. Масалан, дар Бразилия ба муштариён дар ресторанҳо, аз ҷумла дар ресторани Бобс (Bob's) якҷоя бо гамбургер рӯйкашҳои якҷоя бо гамбургер истеъмолшавандаро пешниҳод мекунанд [9].



Расми 2 – Рӯйкаши истеъмолӣ барои бандубасти гамбургер дар ресторани Бобс (Bob's)-и Бразилия[9].

Ширкати бонифузи автомобилии Land Rover бошад, ба муштариёни худ дастури тавсиявии “наҷотбахш”-и ғизоиро пешниҳод кардааст, ки саҳифаҳои онро метавон дар ҳолатҳои фавқулода истеъмол намуд [10].

Имрӯзо олимон кӯшиш ба харҷ медиҳанд, ки барои сохтани пардаҳои полимерӣ ҳар чӣ бештар аз биополимерҳо истифода баранд.

Полимерҳои табиӣ - ба монанди сафедаҳо, полисахаридҳо ва липидҳо маводи хоми асосӣ барои офаридани ПКБХФ ба ҳисоб мераванд, ки дар истеҳсолоти соҳаҳои дорусозӣ, хӯрока, микробиологӣ,

химиявӣ ва полиграфӣ татбиқ мешаванд. Хусусиятҳои функционалии беҳамтои биополимерҳо, чун - консерватсияшавӣ дар мавҷудияти ионҳо, эмулсияофарии устувор, ҳосилкунии пардаҳо ва мембранаҳо, варамкунӣ ва гелофарӣ барои дар истеҳсоли хӯроқа ва дорусозӣ татбиқи васеъ ёфтани онҳо заминаи мусоид меғузорад.

ТАВСИФУ ТАҲҚИҚИ БАЪЗЕ БИОПОЛИМЕРҲО

Дар байни биополимерҳо глюкоманнан (ГМ) (полимери глюкоза ва манноза) дар ин чода вобаста ба хусусияти хуби пардаофарӣ (чандирият ё қайиши хуб, аз рехтаҳо хуб тозашаванда, хусусияти камгазгузаронӣ ва ғ.) барои коркарди маводҳои бандубасткунӣ мавқеи хос дорад [2] ва таҷриба нишон медиҳад, ки композит офаридани он бо моддаҳои дигар хусусиятҳои пардаофарии онро беҳтар мегардонад. Масалан, композитҳои ГМ бо иловаи хлориди полидиалилдиметиламмоний [11] ва курдлан [12] офарида шудаанд.

Яке аз манбаъҳои асосии ГМ дар захираи олами набототи Тоҷикистон растании зоти *Egremigus* ба ҳисоб меравад [13].

Дар асоси таҳқиқотҳо мо бо истифода аз ГМ ва зеин [14] таркиби нави ПКБХФ -ро коркард ва таҳқиқ намудем, ки ин композитҳо дорои хусусиятҳои қаноатбахши механикӣ, газгузаронӣ ва намгузаронандагӣшон кам буда, барои нигоҳ доштан ва бо сифати хуб ба ҷойҳои дур интиқол намудани меваю сабзавот мусоидат мекунанд ва муҳлати нигоҳдорӣ аз пӯсидашавии баъзе мевачотро зиёд менамоянд.

Барои ба даст овардан ё шаклдиҳии ПКБХФ аз усулҳои гуногун истифода мекунанд. ПКБХФ ё биопленкаҳо дар замони муосир асосан бо усули ба ҳам омехта намудани маҳлули спирти ва маҳлули оби биополимерҳо бо мавҷудияти эластомер, инчунин моддаҳои сатҳ - фаъол шакл дода мешаванд [12-14].

Масалан, дар кори [14] дар натиҷаи ба ҳам омехта намудани маҳлули спиртии зеин (З) (зеин - сафедаас, ки дар кори мазкур аз орди ҷуворимаққа ба даст оварда шудааст) ва маҳлули оби ГМ (полисахарид, ки дар кори мазкур аз решаи растании зоти *Egremigus* - суч (Эремуруси Ҳисор) ба даст оварда шудааст) ва ҳамроҳкунии пластификатор - глицерин, дар ҳаҷми 0.25мл, инчунин моддаи сатҳ - фаъол (Tween-80) дар ҳаҷми 0.1мл ПКБХФ - и наво ҳосил карда шудааст. Натиҷаи таҳқиқотҳо нишон дод, ки композитҳои полимери дорои таркиби $Z/GM=1.5$ ва $Z/GM=1.75$ ба сифати варианти оптималӣ ҳамчун ПКБХФ метавонанд барои нигоҳдорӣ ва ба ҷойҳои дур интиқол додани маҳсулоти хӯрокворӣ, махсусан мевачот (бо нигоҳ доштани сифати аъло) татбиқи амалӣ пайдо кунанд.

ХУСУСИЯТҲОИ ФИЗИКО-МЕХАНИКӢ

Барои бартараф намудани таҳдиди экологии партовҳои пластмас ва ашёҳои пластмасӣ ба муҳити атроф офаридани ПКБХФ нақши ҳалкунанда мекӯзад.

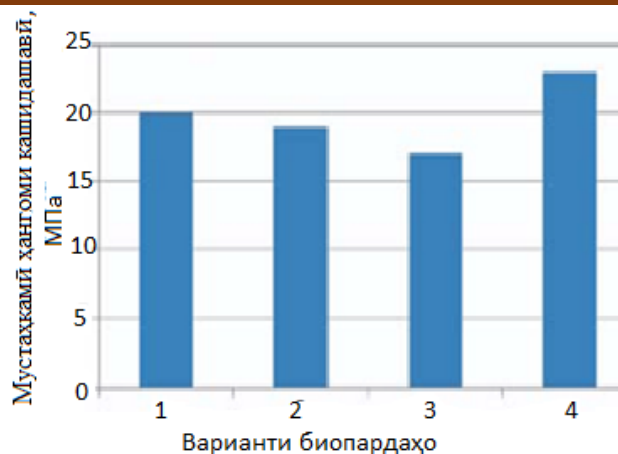
Хусусияти физико-механикии биопардаҳо ба монанди - ҳудуди мустаҳкамӣ, дарозшавӣ, чандирият, модули чандирият, ҳолатҳои фазаӣ ва ғ. нишондиҳандаи асосии татбиқшавандагии онҳо дар истеҳсолот мебошад ва ин хусусиятҳо аз таъсири омилҳои зиёде вобастагӣ доранд, ки дар таҳқиқотҳои илмӣ зиёде мавриди омӯзиш қарор гирифтаанд. Аз ҷумла, дар кори [15] таъсири биополимерҳо – амиллопектин, декстрин, крахмали гандум, алгинат ва сафедаи мушунг ба хосияти физико-механикии биопардаҳо таҳқиқ карда шудаанд. Таркиб ва таносуби ташкилаҳо (компонентаҳо)-и пардаҳо дар ҷадвали 1 оварда шудаанд.

Ҷадвали 1 – Таркиб, ғафсӣ ва таносуби ташкилаҳои биопардаҳо [15].

Биополимер	Биополимер дар таркиби парда, %						
	вариант						
	1	2	3	4	5	6	7
Крахмали хӯрдашавандаи навъи А	50	-	-	-	80	-	-
Крахмали хӯрдашавандаи навъи В	-	50	-	-	-	50	-
Декстрини крахмали ҷуворимаққа	-	-	40	-	-	-	-
Амиллопектин	-	-	-	40	-	-	40
Алгинати қаҳваранг	50	50	60	60	-	-	-
Сафедаи мушунг	-	-	-	-	20	50	60
Ғафсии пардаҳо, мкм	90	110	120	110	110	110	100
Ба сифати пластификатор глицерин – барои пардаҳои сафедаи мушунг 17%, барои пардаи дорои алгинати натрий - 25% истифода гардидааст.							

Натиҷаи таҳқиқоти мустаҳкамии пардаҳо ҳангоми кашидашавӣ дар расмҳои 3 ва 4 оварда шудаанд.

Аз расм аён аст, ки пардаҳои, ки дар таркибашон амиллопектин доранд, дорои мустаҳкамии нисбатан бештар ҳастанд. Дар ин маврид омехтаи дорои таркиби 40% амиллопектин ва 60% алгинати натрий ба мо имкон медиҳад, ки пардаҳои ба даст оварем, ки нисбат ба пардаҳои дорои таркиби амиллопектин (40%) ва сафедаи мушунг (60%) дошта устувортаранд.



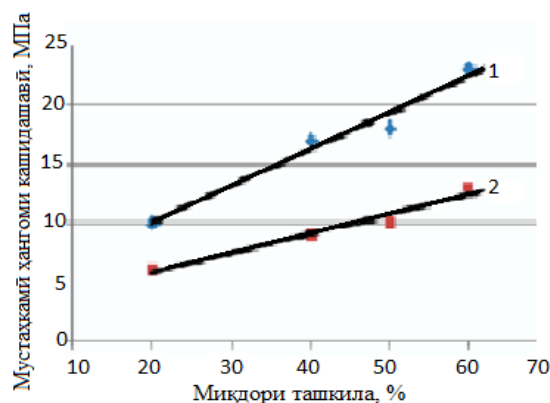
Расми 3 – Вобастагии мустаҳкамӣ ҳангоми кашидашавии биопардаҳои крахмал-алгинат ва декстрин алгинат (таносуби ташкилаҳо(компонентаҳо)-и пардаҳо дар ҷадвали 1 оварда шудааст) [15].



Расми 4 – Мустаҳкамӣ ҳангоми кашидашавии биопардаҳои крахмал- сафеда (таносуби ташкилаҳои пардаҳо дар ҷадвали 1 оварда шудааст) [15].

Декстрини аз крахмал ба даст овардашуда ва крахмали гандум боиси паст гардидани дараҷаи полимеризатсияи композити амилоза ва амилопектин мегардад. Вобаста ба ин мустаҳкамии механикии пардаҳои дорои таркиби декстрин ва крахмал нисбат ба мустаҳкамии механикии пардаҳои дорои таркиби амилопектин буда пастар аст [15].

Усулҳои гуногуни коркарди крахмали хӯрданбоби навъи А ва В ба мустаҳкамии пардаҳо таъсир менамояд. Масалан, пардаҳои аз крахмали гандуми ғичимшудаи навъи А (50%) - алгинати натрий (50%) нисбат ба пардаҳои крахмали гандумии навъи В (50%) - алгинати натрий (50%) 1.3 МПа мустаҳкамтаранд. Ҳангоми ба таркиби пардаҳо илова намудани сафедаи мушунг вобастагии баръакс мушоҳида карда мешавад. Дар ин ҳолат мустаҳкамии механикии пардаҳои аз крахмали навъи В омодашуда нисбат ба пардаҳои аз крахмали навъи А омодагашта 2МПа зиёдтар мешавад. Аз ин ҷо хулоса гирифтани мумкин аст, ки пардаҳои дорои амилопектин ва алгинати натрий дорои хусусиятҳои аълои физико-механикӣ мебошанд. Мустаҳкамии ин пардаҳо ҳангоми кашидашавӣ ба 23МПа баробар буда, бо мустаҳкамии полиэтилен таҳти таъсири фишори паст ҳосилмешуда муқоисашаванда аст (ГОСТ 16338-85).

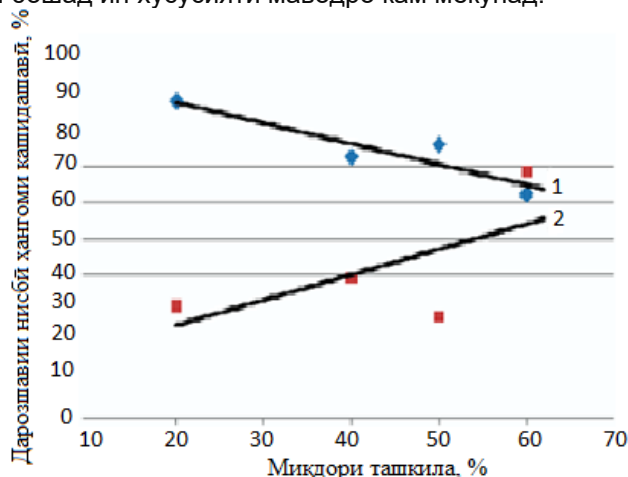


Расми 5 – Вобастагии мустаҳкамӣ ҳангоми кашидашавии пардаҳои амилопектинӣ вобаста аз таркибашон: 1- пардаҳои дорои алгинати натрий; 2 - пардаҳои дорои сафедаи мушунг [15].

Дар расми 5 вобастагии мустаҳкамӣ ҳангоми кашидашавии пардаҳои амилопектинӣ вобаста аз таркиби ташкилаҳо (компонентаҳо) оварда шудаанд. Намунаҳои пардаҳоро дар асоси амилопектин бо илова намудани алгинати натрий ва сафедаи мушунг [15] ҳосил намудаанд.

Аз натиҷаҳои овардашуда дидан мумкин аст, ки алгинати натрий ва сафедаи мушунг хусусияти афзункунии ҳудуди мустаҳкамии пардаҳоро ҳангоми кашидашавӣ дороянд. Афзудани миқдори ин биополимерҳо дар сохтори пардаҳо аз 20 то 60% боиси зиёдшавии мустаҳкамӣ ҳангоми кашидашавии пардаҳо мегардад.

Ҳангоми ворид намудани алгинати натрий ба таркиби пардаҳои амилопектинӣ дарозшавии нисбии пардаҳо ҳангоми кашидашавӣ кам мегардад (расми 6) ва мувофиқан ҳангоми ворид намудани сафедаи мушунг ба таркиби ин пардаҳо баръакс дарозшавии нисбии пардаҳо ҳангоми кашидашавӣ зиёд мегардад. Ин аз он гувоҳӣ медиҳад, ки сафедаи мушунг хусусияти афзунгардонии пластикияти маводро дорост ва алгинати натрий бошад ин хусусияти маводро кам мекунад.

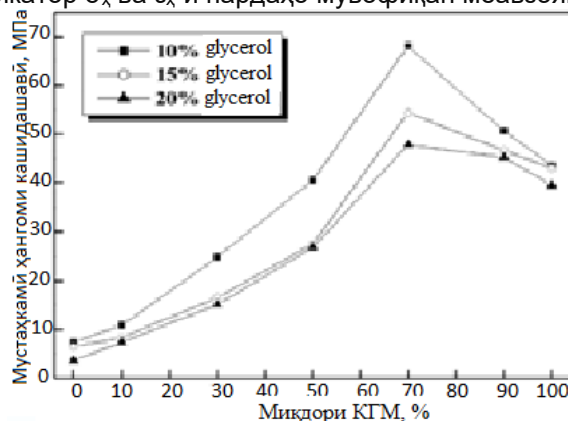


Расми 6 – Вобастагии дарозшавии нисбӣ ҳангоми кашидашавии пардаҳои амилопектинӣ вобаста аз таркиб: 1 – пардаҳои дорои алгинати натрий; 2- пардаҳои дорои сафедаи мушунг [15].

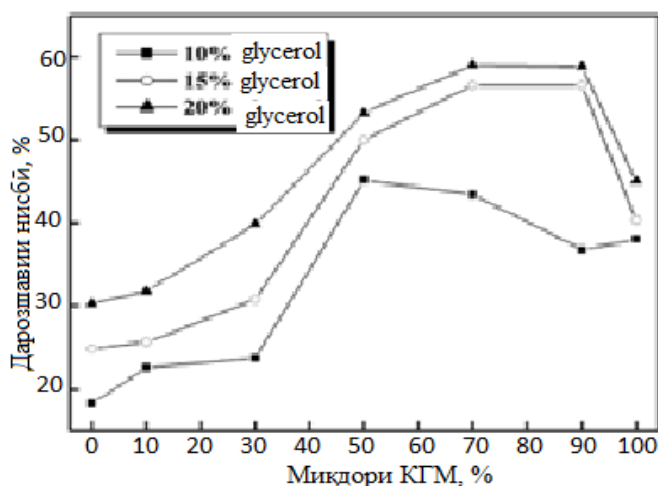
Дар кори [16] пардаҳои дорои омехтаи пластификатори глицерин, крахмали нахӯд/кожак глюкоманнан (КН/КГМ) мавриди таҳқиқ қарор гирифтаанд. Сохтор, таъсири ҳарорат ва хусусиятҳои механикии ин пардаҳо бо ИС-Фуре спектроскоп, дифраксияи нурҳои рентгенӣ, микроскопи электронии сканеркунанда, калориметрияи дифференсиалӣ мавриди омӯзиш қарор гирифтаанд.

Дар кори мазкур нишон дода шудааст, ки дар байни макромолекулаи КН ва КГМ алоқаҳои пурқуввати гидрогенӣ ба вуҷуд меоянд, ки натиҷаи часпиши хуби макромолекулаҳои ин биополимерҳоро дар омеха нишон медиҳад. Дар муқоиса бо пардаи тоза аз КН ҳосилмегардида мустаҳкамӣ пардаи омехтаи КН/КГМ аз 7.4 то 68.1МПа вобаста ба миқдори массавии ГКМ аз 0 то 70% авзун гардид. Бузургии дарозшавии нисбии пардаҳои омехтаи биополимерҳо нисбат ба пардаи танҳо аз ГМ омодашуда зиёдтар гардида, ҳангоме, ки ба омехта 70%(вобаста ба массаи парда) КГМ ва 20% глицерин илова менамоянд, ин бузургӣ то ба 59% авзун мегардад. Илова намудани КГМ ба макромолекулаи КН инчунин боиси зиёдафурӯбарии намӣ дар пардаҳо мегардад [16].

Натиҷаи таҳқиқи хусусиятҳои механикии композитҳои КН/КГМ (аз 100-0-15 то 0-100-15) дар расмҳои 7 ва 8 оварда шудаанд. Аз расм дидан мумкин аст, ки мустаҳкамӣ ҳангоми кашидашавӣ (σ_x) ва дарозшавии нисбӣ ҳангоми кашидашавӣ (ϵ_x)-и пардаҳои аз омехтаи биополимерҳо ҳосил мешуда, нисбат ба ин бузургӣҳо барои пардаҳои танҳо аз КН омодашуда зиёдтаранд ва бо зиёд гардидани миқдори КГМ ва пластификатор σ_x ва ϵ_x -и пардаҳо мувофиқан меавзоянд.



Расми 7 – Вобастагии мустаҳкамӣ ҳангоми кашидашавии пардаи аз омехтаи КН/КГМ омодашуда [16].



Расми 8 – Вобастагии дарозшавии нисбӣ ҳангоми кашидашавии пардаи аз омехтаи КН/КГМ омодашуда вобаста аз миқдори КГМ [16].

Дар маҷмуъ илова намудани 70% КГМ (вобаста ба массаи парда) ба КН боиси то ба 68.1МПа афзудани ҳудуди мустаҳкамӣ (σ_p) барои пардаҳои 30-70-10 мегардад; барои пардаҳои дорои таркиби 30-70-10 бошад, дарозшавии нисбӣ ҳангоми кашидашавии (ϵ_x) то ба 59.0% зиёд мегардад. Инчунин хусусияти гармотобоварии пардаҳои аз омехтаи биополимерҳо омода гашта нисбат ба ин бузургӣ барои пардаҳои танҳо аз КН ё КГМ омода мешуда хубтар мегардад. Дорои хусусиятҳои хуби физико-механикӣ гардидани пардаҳо бо он шарҳ дода мешавад, ки дар байни макромолекулаи биополимерҳо алоқаҳои гидрогенӣ ва таъсири байнимолекулӣ ба вуҷуд меояд [16].

ПКБХФ дар асоси пектин (П) ва КГМ, барои бандубастаи фаъоли маводи ҳурукворӣ, бо иловаи полифеноли чой (ПЧ) дар кори [17] қоркард карда шуда, мавриди таҳқиқ қарор гирифтаанд. Дар кори мазкур таъсири полифеноли чойро ба хусусиятҳои сохторӣ, физикавӣ, зиддимикробӣ ва зиддиоксидантии пардаҳои П/КГМ дар ҳаҷми аз 1 то 5% (вобаста ба массаи хушки пектин ва КГМ) таҳқиқ намудаанд. Муҳаққиқон нишон додаанд, ки бо илова намудани ПЧ хусусиятҳои зиддимикробӣ ва зиддиоксидантии пардаҳои П/КГМ бештар гардида, намгузаронандагӣ ва дарозшавии нисбии пардаҳо камтар мешаванд. Хусусан, илова намудани ПЧ хусусиятҳои механикӣ ва зиддият ба об доштани пардаҳо ба таври чашмрас беҳтар менамояд. Масалан, бо илова намудани 2% ПЧ бузургии кунҷи тамосӣ ба 18.93 градус ва мустаҳкамӣ ҳангоми кашидашавӣ ба 5.28МПа мувофиқан зиёд мегарданд [17].

Аз ин ҷо хулоса гирифтани мумкин аст, ки хусусияти механикӣ пардаҳо бо иловаҳои гуногун беҳтар гардонидан мумкин.

Дар таҳқиқоти гузаронидаи мо [14] дар пардаҳо миқдори зеинро тағйир дода, пардаҳои дорои хусусиятҳои қаноатбахши механикӣ ба даст оварда шуд. Таҷриба нишон дод, ки бо авзудани миқдори массивии зеин мустаҳкамӣ композитҳо аз 19 то 73% меафзояд, вале хусусияти тазйиқшавии композитҳо бошад аз 4 то 53% кам мешавад. Инчунин, бо авзудани миқдори массивии зеини гидрофобӣ композитҳо чандир гардида, бо зиёд шудани миқдори он аз 65% композитҳо чарс (зудшикан) мешаванд. Нишон дода шуд, ки дар таносуби массивии З/ГМ=1.0-1.75 композитҳо дар ҳолати баландэластикӣ ва дар таносуби З/ГМ=1.75-2.0 композитҳо дар ҳолати шишагунӣ қарор мегиранд.

ХУЛОСАҶО

Ҳарчанд аз таърихи пайдоиши ПКБХФ солҳои тӯлонӣ сипарӣ нагардида бошад ҳам, ин соҳаи нави таҳқиқот рӯз аз рӯз дар инкишоф буда, дастовардҳои илмӣ дар ин соҳа назаррасанд. Новобаста аз ҳамаи ин дастовардҳои илмӣ тадқиқотчиёро месозад дар ин самт корҳои боз ҳам бисёртарро анҷом дода, навъҳои аз нигоҳи механикӣ устувортар ва беҳтари ПКБХФ -ро ба даст оваранд, зеро дар амалия қарор гирифтани ПКБХФ имкон медиҳад, ки инсоният аз таҳдиди экологии партовҳои полимерӣ раҳо ёбад.

Таҳлили адабиётҳои мавҷуда ва таҷриба нишон медиҳад, ки аксарият ПКБХФ -е, ки аз биополимери фардӣ офарида мешаванд, дорои хусусиятҳои ғайриқаноатбахши механикӣ мебошанд ва хусусиятҳои физико-механикӣ онҳо аз иловаи ташкилаҳои гуногун ба сохтори макромолекулаи онҳо вобаста буда, композитҳои полимери дар асоси биополимерҳо офаридашуда ҳангоми ба таркиби онҳо илова намудани моддаҳои гуногуни фаъоли биологӣ дорои хусусиятҳои беҳтари физико-механикӣ зарурӣ мегарданд.

Муқаррир: Шоимов Э.Ч. – н.и.ф.-м., дотсент, мудири қабедраи физикаи ҷисмҳои сахти ДМЛП

АДАБИЁТ

1. Ghosh P., Polymer Science and Technology, Plastics, Rubbers, Blends and Composites. - New Delhi: Tata McGraw-Hill, 2001, third edition, pp.502-522. 541 pages.

2. Вильданов, Ф. Ш. Биоразлагаемые полимеры – современное состояние и перспективы использования / Ф.Ш. Вильданов, Ф.Н. Латыпова, П.А. Красуцкий, Р.Р. Чанышев // Башкирский химический журнал. 2012, Том 19, № 1, ст. 135-139.
3. Kester, J. Edible films and Coating: a review / J. Kester, O. Fennema // Food Technol. -1986. - vol. 48, Is. 12. - P. 47-59.
4. Pavlath A.E. Edible films and coatings: why, what, and how?/ A.E. Pavlath, W. Orts // Edible Films and Coatings for Food Applications / ed. M.E. Embuscado, K.C. Huber. – New-York: Springer, 2009. – Ch. 1. – P. 1–23.
5. Labuza, T.P. Prediction of moisture protection requirements for foods/ T.P. Labuza, R. Contreras-Medellin // Cereal Foods World. -1981. - Vol. 26, № 7. -P. 335-340.
6. Drinking Coffee Just Got Sweeter with Lavazza’s Edible Cookie Cup // The cultureist [Electronic resource]. - 2012. -Mode of access: <http://www.thecultureist.com/2012/09/19/lavazza-edible-coffee-cup-cookie/>
7. Biquet, B. Relative diffusivities of water in model intermediate moisture foods/ B. Biquet, S. Guilbert // LWT – Food Science and Technology. – 1986. – Vol. 19. -P. 208- 214.
8. U.S. Patent 90 944. Improved process for preserving meat, fowls, fish etc./ C. Havard, M.X. Harmony// Опубл. 1869 г.
9. Brazilian Fast-Food Chain Cuts Waste By Serving Up Burgers Wrapped In Edible Paper // Inhabit [Electronic resource]. - 2014. -Mode of access: <http://inhabitat.com/brazilian-fast-food-chain-cuts-waste-by-serving-up-burgers-wrapped-in-edible-paper>
10. Land Rover дает свой справочник на съедение // Adver Tology [Электронный ресурс]. - 2012. - Режим доступа: <http://www.advertology.ru/article104740.htm>
11. Lua, J. Preparation and characterization of konjac glucomannan/poly (diallyldimethylammonium chloride) antibacterial blend films / J. Lua, X.D. Wang, C.B. Xiao, // Carbohydr. Polymers, 2008. -Vol. 73 (3). -P. 427-437. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.12.021>.
12. Wu, Ch. Structural characterization and properties of konjac glucomannan/curdlan blend films / Ch. Wu, Sh. Peng, C.R. Wen, X.M. Wang, L.L. Fan, R.H. Deng, J. Pang // Carbohydr. Polym., 2012. - Vol. 89 (2). -P. 497–503. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.03.034>.
13. Muhidinov, Z.K. Characterization of two types of polysaccharides from Eremurus hissaricus roots growing in Tajikistan / Z.K. Muhidinov, J.T. Bobokalonov, I.B. Ismoilov, G.D. Strahan, H.K. Chau, T.A. Hotchkiss, Liu LS. // Food Hydrocolloids, 2020. -Vol. 105, 105768 <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105768>
14. Исмаилов, И.Б. Физико-механические свойства биоразлагаемых композитов на основе зеина и глюкоманнана / И.Б. Исмаилов, Х.М. Абдуллаев, А.С. Насриддинов, З.К. Мухидинов // Полимерные материалы и технологии. -2020. -Т. 6. -№ 1. -С. 25-32. <https://doi.org/10.32864/polymmat-tech-2020-6-1-25-32>
15. Закирова, А.Ш. Влияние биополимеров на физико-механические свойства пленок/ А.Ш. Закирова, А.В. Канарский, Ю.Д. Сидоров// Пищевая промышленность. -2012. -№6. -С. 18-19
16. Chen, J. Structural characterization and properties of starch/konjac glucomannan blend films / Jianguang Chen, Changhua Liu, Yanqing Chen, Yun Chen, Peter R. Chang // Carbohydrate Polymers, 2008. -Vol. 74(4). -P. 946-952. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.05.021>.
17. Yanlin, Lei. Investigation of the structural and physical properties, antioxidant and antimicrobial activity of pectin-konjac glucomannan composite edible films incorporated with tea polyphenol /Yanlin Lei, Hejun Wu, Chun Jiao, Yao Jiang, Rui Liu, Di Xiao, Junyu Lu, Zhiqing Zhang, Guanghui Shen, Shanshan Li // Food Hydrocolloids, 2019. -Vol. 94. - P. 128-135. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.011>.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ-INFORMATION ABOUT AUTHOR

TJ	RU	EN
Исмоилов Икромчон Бомуродович	Исмоилов Икромджон Бомуродович	Ismoilov Ikromjon Bomurodovich
Номзади илмҳои физика ва математика	Кандидат физико -математических наук	Candidate of Physical and Mathematical Sciences
ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
E-mail: Ikromjon.bomurodi92@mail.ru		
Тел: +992 (93) 559-22-21		

ИНФОРМАТИКА, ТЕХНИКАИ ҲИСОББАРОР ВА ИДОРАКУНИЙ - ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ - INFORMATICS, COMPUTER TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

УДК 005.51-35

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФАЪОЛИ ПАРАМЕТРҲОИ ОБЪЕКТИ НОУСТУВОРИ ДАР СИСТЕМАИ ИДОРАКУНИИ АВТОМАТӢ ДОХИЛШАВАНДА

Қ.М. Бобобеков¹, А.А. Воевода², Ш.Ё. Холов³, В.И. Шипагин⁴

^{1,3} Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

^{2,4} Донишгоҳи давлатии техникии Новосибирск

Дар ин тадқиқоти илмӣ алгоритми идентификацияи фаъоли параметрҳои объекти ноустувор пешниҳод карда шудааст. Графикҳои равандҳои гузариш дар система ҳангоми таъсири сигнали зинашакл ва сигнали меандерӣ гирифта шудаанд. Қайд карда мешавад, ки ҳосиятҳои динамикии система, бинобар сабаби тағйир ёфтани параметрҳои объект, хеле тағйир меёбанд. Ҳолати устувори система ба назар гирифта мешавад. Аз натиҷаи ченкуноҳои раванди гузариш номограмма сохта шудааст. Бо истифода аз ин номограмма параметрҳои объекти ноустувор муайян карда мешаванд. Усули пешниҳодшударо барои дар таҷҳизотҳои мураккабтар низ, истифода намудан мумкин аст.

Калимаҳои калидӣ: объекти ноустувор; идентификация; ҳолати устуворӣ; раванди гузариш; таъсири даврӣ.

АКТИВНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕУСТОЙЧИВОГО ОБЪЕКТА ВХОДЯЩЕГО В СИСТЕМУ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

К.М. Бобобеков, А.А. Воевода, Ш.Ё. Холов, В.И. Шипагин

В данном исследовании предложен алгоритм активной идентификации параметров неустойчивых объектов. Были получены графики переходных процессов в системе под воздействием ступенчатого сигнала и сигнала типа меандра. Отмечается, что динамические свойства системы существенно изменяются из-за изменения параметров объекта. Учитывается стационарное состояние системы. По результатам измерений переходного процесса была создана номограмма. По этой номограмме определяются параметры неустойчивого объекта. Предложенный метод может быть использован для более сложных устройств.

Ключевые слова: неустойчивый объект; идентификация; установившийся режим; переходный процесс; периодическое воздействие.

ACTIVE IDENTIFICATION OF PARAMETERS OF AN UNSTABLE OBJECT INCLUDED IN AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM

К.М. Bobobekov, A.A. Voevoda, Sh.Y. Kholov, V.I. Shipagin

This study proposes an algorithm for active identification of parameters of unstable objects. Graphs of transient processes in the system under the influence of a step signal and a meander-type signal were obtained. It is noted that the dynamic properties of the system change significantly due to changes in the parameters of the object. The stationary state of the system is taken into account. Based on the results of transient measurements, a nomogram was created. Using this nomogram, the parameters of an unstable object are determined. The proposed method can be used for more complex devices.

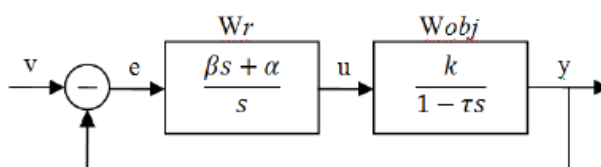
Keywords: unstable object; identification; steady state; transition process; periodic exposure.

МУҚАДДИМА

Дар дастгоҳҳои автоматики идоракунӣ ва робототехника аксар вақт вазъияте ба амал меояд, ки бо мурури замон параметрҳои объект тағйир меёбанд ва зарурат ба амал меояд, ки параметрҳои таҷҳизотҳои идоракунӣ (регулятор), низ тағйир ёбанд. Намунаҳои маъмулӣ дар робототехника ин идоракунии объектҳои ноустувор мебошанд, ки параметрҳои онҳо бояд муайян карда шаванд. Дар ин мақола усули муайянкунии параметриҳои объекти ноустувор пешниҳод карда мешавад, ки он ба таври назаррас соддагардонии маятникӣ баръакс тавассути истифодаи ларзишҳои даврӣ дар қисмати раванди гузариш мебошад, ки дар ҷараёни он параметрҳои объект муайян карда мешаванд.

ГУЗОРИШИ МАСЪАЛА

Дар ин мақола масъалаи идентификацияи фаъоли параметрҳои объекти ноустувори дараҷаи якум $k / (1 - \tau s)$, ки бо таҷҳизоти идоракунӣ (ПИ-регулятор) $(\beta s + \alpha) / s$ сарбаст аст дида баромада омухта мешавад (расми 1)



Расми 1 – Нақшаи структурии система

Фарз мекунем, ки параметрҳои объект тағйир меёбанд (бо суръати суст) ва дар ҷараёни гузариш объектро статсионар ҳисобидан мумкин аст. Параметрҳои танзимкунак (регулятор) $\{\alpha, \beta\}$ аз рӯи шарте ҳисоб карда мешаванд, ки қутбҳои (полюса) система ба $0,5 \pm 0,5i$ баробар бошанд. Фарз мекунем $\alpha = -0,25$ ва $\beta = -1$. Мо танзимкунандаро бо шарте ҳисоб мекунем, ки раванди гузариш қаноатбахш аст. Қиматҳои асосии параметрҳои объект ба $k = 2$ ва $\tau = 1$ баробар карда мешаванд. Системаи дар расми 1 нишон додашударо бо муодилаҳои дифференциалӣ тавсиф мекунем:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = (v - w_1 - x_2)\alpha \\ \dot{x}_2 = \frac{1}{\tau}(-(w_2 + u)k + x_2) \end{cases} \quad (1)$$

$$y = x_2 \quad (2)$$

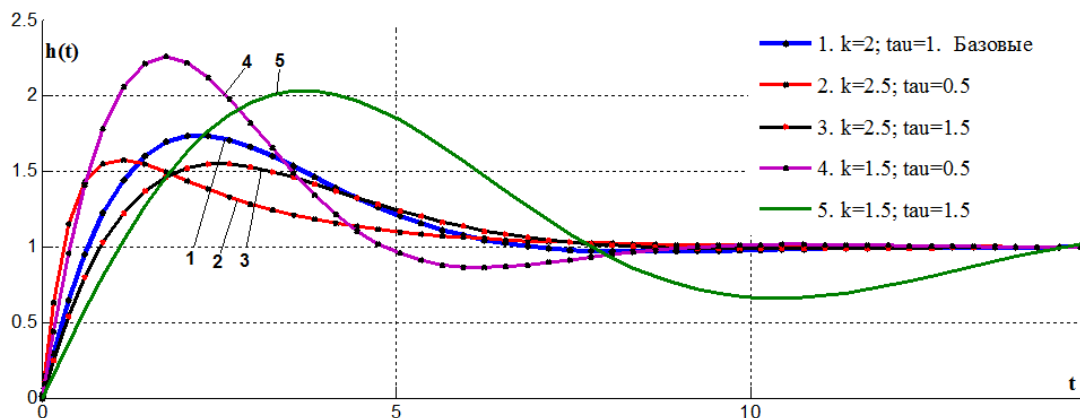
дар ин ҷо $u = x_1 + \beta(v - w_1 - x_2)$, y - сигнали баромад, v - сигнали даромад. Дар муодилаҳо садои (шум) таҷҳизоти ченкунии $w_1(t)$ ва садои фаъолкунанда хангоми вуруди объект $w_2(t)$ ба назар гирифта мешаванд. Ин системаро ба шакли зерин табдил додан мумкин аст:

$$\begin{cases} \dot{x} = \Phi x + \Psi u + \Gamma w, \\ y = Hx, \end{cases} \quad (3)$$

ки дар ин ҷо x - вектори ҳолати андозаи 2 аст, u - идоракунии скалярӣ аст; w - вектори халарасони навъи садои сафед бо қимати миёнаи сифрии андозаи 2, y - сигнали баромади скалярӣ (сигналҳои мушоҳидашаванда), Φ - матритсаи ҳолати андозаи 2×2 , Γ - матритсаи халалрасони андозаи 2×2 , Ψ - матритсаи идоракунии андозааш 2×1 , H - матритсаи ченкунии андозаи 1×2 . Шакли зерини матритсаҳои системаро дорем:

$$\Phi = \begin{pmatrix} 0 & -\alpha \\ -\tau^{-1}k & \tau^{-1}(\beta k + 1) \end{pmatrix}, \quad \Gamma = \begin{pmatrix} -\alpha & 0 \\ \beta k \tau^{-1} & -k \tau^{-1} \end{pmatrix}, \quad \Psi = \begin{pmatrix} \alpha \\ -\tau^{-1} \beta k \end{pmatrix}, \quad H = (1 \quad 0).$$

Равандҳои гузариш дар система, ки дар расми 1 нишон дода шудаанд, хангоми тағйирёбии параметрҳои объект дар расми 2 нишон дода шудаанд.



Расми 2 – Равандҳои гузариш дар система хангоми таъсири сигнали зинагӣ (ступенчатый) хангоми $k \in [1,5; 2,5]$ ва $\tau \in [0,5; 1,5]$.

Мо ҳолати устуворро баррасӣ мекунем, яъне мо ҳисоб мекунем, ки равандҳои гузариш ба охир расидаанд. Чунон ки аз расми 2 бармеояд, хосиятҳои динамикии система аз ҳисоби тағйир ёфтани параметрҳои объект хеле тағйир меёбанд. Дар зер мо алгоритми баҳодиҳии параметрҳои объектро дар асоси натиҷаҳои таҷрибаи фаъол дида мебароем.

АЛГОРИТМИ ИДЕНТИФИКАТСИЯИ ФАЪОЛ

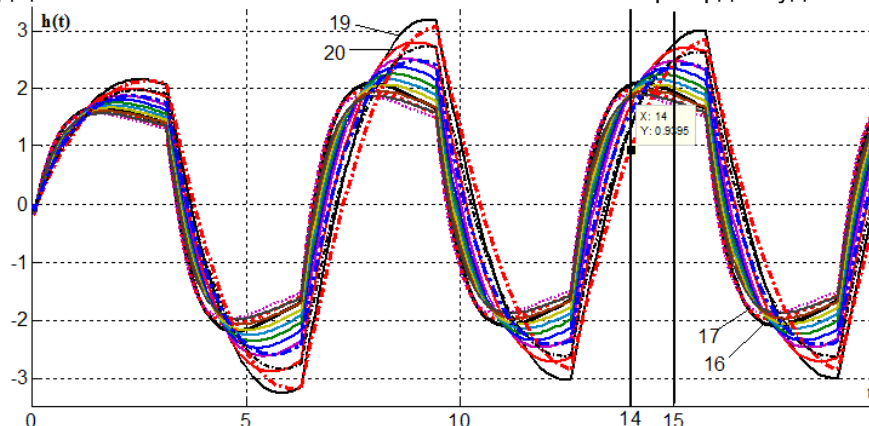
Масъалаҳои банақшагирии таъсири оптималии воридотӣ ба объект бо мақсади муайянкунии фаъол дар мақолаҳои [1] – [10] баррасӣ карда мешаванд. Дар ин мақолаҳо матритсаи иттилоотии Фишер истифода мешаванд, ки имкон медиҳад, ки синфҳои васеътарини таъсироти тестӣ омӯхта шаванд, аммо ин ба муносибатҳои мураккаби математикӣ оварда мерасонад. Агар мо маълумотро дар бораи ҳолати устувор [3] – [10] истифода барем, яъне таъсироти давриро истифода барем, ин муносибатҳоро ба таври назаррас содда кардан мумкин аст. Чӣ қадаре ки объект идоракунии мураккаб бошад, сигнали даврӣ бояд ҳамон қадар мураккабтар бошад. Хангоми кам будани параметрҳо, ба

монанди дар ин мисол, беҳтар аст, ки сигнали даврии оддиро истифода барем, масалан, сигнали навъи меандр.

Ба системае, ки дар расми 1 нишон дода шудааст, сигнали даврӣ бо амплитудайи ± 1 ва даври $T = 2\pi$ сония дода мешавад. Параметрҳои объект дар ҳудуди $k \in [1,5; 2,5]$ ва $\tau \in [0,5; 1,5]$ тағйир меёбанд.

Раванди гузариш тақрибан пас аз 7 сония ба охир мерасад (расми 3). Фарз мекунем, ки дар натиҷаи чен кардани раванди гузариш дар ду нуқта маълумоти заруриро дар бораи параметрҳои объект гирифтани мумкин аст. Мо нуқтаҳоро интихоб мекунем, ки ба вақти 14 сония ва 15 сония мувофиқанд. Якчанд ченкуниро бо даври π анҷом диҳем ва онҳоро аз рӯи қимати мутлақ (барои бартарарф кардани халалрасонакҳо (помехи), садо ва хатогиҳо) ҳисоб кунем.

Номограммае месозем, ки дар он ченаки якуми ба лаҳзаи вақт $t = 14 + i\pi$ сония дар тири X ва дар тири Y бошад қимати миёна ба ченаки $t = 15 + i\pi$ сония тасвир карда шудааст (расми 4).



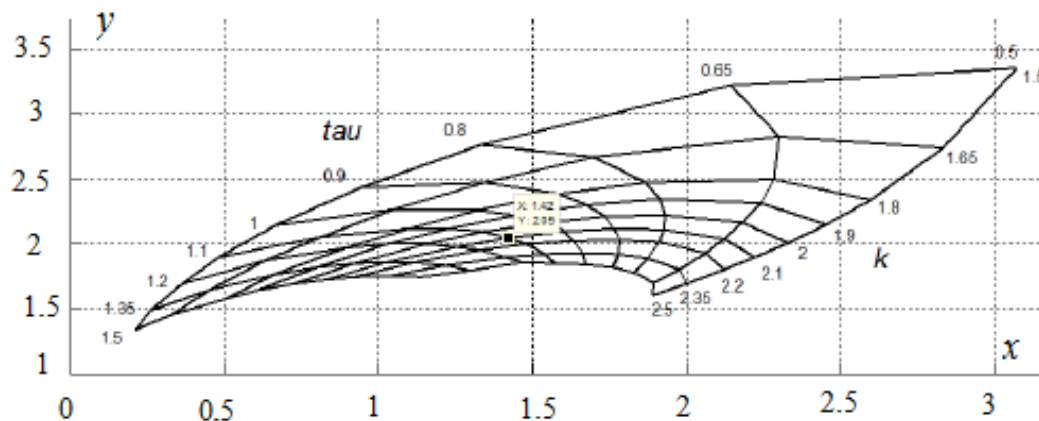
Расми 3 – Равандҳои гузариш дар система бо додани сигнали даромади намуди меандр ҳангоми $k \in [1,5; 2,5]$ ва $\tau \in [0,5; 1,5]$.

Параметрҳои объект ба таври зерин тағйир меёбанд:

$$k = \{1.5, 1.625, 1.75, 1.875, 2, 2.125, 2.250, 2.375, 2.5\},$$

$$\tau = \{0.5, 0.625, 0.75, 0.875, 1, 1.125, 1.250, 1.375, 1.5\}.$$

Дар натиҷаи ченкунӣ мо дар ҳамворӣ дар координатҳои «X - Y» 81 нуқта ба даст меорем, ки ин имкон медиҳад номограмма барои муайян кардани қимати параметрҳои объект (k, τ). Масалан, агар $(x, y) = (2, 3)$ бошад, мувофиқи расми 4 – муайян мекунем, ки $k = 1,55$ ва $\tau = 0,7$ аст.



Расми 4 – Номограмма барои муайян кардани параметрҳои объект аз рӯи натиҷаҳои ченкунии раванди гузариш

Алгоритми муайянкунии параметрҳои объекти ноустуворо шарҳ медиҳем. Система бо сигнали санҷиши навъи меандрӣ оғоз карда, барои нуқтаҳои вақти $14 + i\pi$ ва $15 + i\pi$ сония якчанд ченкунӣ анҷом дода мешавад. Қиматҳои миёна дар номограмма нишон дода шудаанд. Бо истифода аз номограмма параметрҳои объектро тавассути интерполятсия бо истифода аз хатҳои наздиктарин муайян мекунем.

ХУЛОСА

Бо истифода аз мисоли оддии идоракунии объекти ноустувор, усули идентификатсияи фаъл бо мақсади муайян кардани параметрҳои объект нишон дода шудааст. Моҳияти усули пешниҳодшуда дар он аст, ки ба объекти идоракунӣ, ки ба система дохил мешавад, тақрибан гузаронидани санҷиш мебошад.

Усули идентификатсияи пешниҳодшударо барои таҷҳизотҳои мураккабтар низ, истифода кардан мумкин аст, аз ҷумла, барои системаҳои роботӣ, ки дар онҳо имконияти санҷиш ва танзими параметрҳои таҷҳизоти идоракунӣ (регулятор) пешбинӣ карда шудааст.

Муқаррир: Ҳасанов Ҷ.Ҷ. – н.и.т., мудири кафедраи энергетика ва шабақаҳои телекоммуникатсионии Донишгоҳи технологияи ҶОИҚИСТОН

ЛИТЕРАТУРА

1. Воевода А.А. Полиномиальный метод синтеза: Стабилизация перевернутого маятника / А.А. Воевода, Е.В. Шоба // Сб. науч. тр. НГТУ. - Новосибирск, 2012. – Вып.2(68). – с. 15-30.
2. Chen C.T. Linear system theory and design. 3rd ed / C.T. Chen // New York Oxford: Oxford University Press, 1999.
3. Troshina G.V. The Active Identification of Parameters for the Unstable Object / G. V. Troshina, A. A. Voevoda, K. M. Bobobekov // The 11th International Forum on Strategic Technology 2016. June 1 – June 3, 2016 Novosibirsk State Technical University. – Novosibirsk: NSTU, 2016. – P. 594–596.
4. Бобобеков, К. М. Полиномиальный метод синтеза многоканальных регуляторов с использованием матрицы Сильвестра : дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / К. М. Бобобеков. – Санкт-Петербург, 2019. – 168 с.
5. Воевода, А.А. Оценка параметров перевернутого маятника в системе стабилизации углового положения / А.А. Воевода, К.М. Бобобеков // Вестник РГРТУ. – 2017. – № 3(61), – С. 110–118.
6. Воевода А.А. Активная идентификация параметров ПИ-регулятора в системе автоматического управления неустойчивым объектом первого порядка / А.А. Воевода, К.М. Бобобеков // Докл. ТУСУРа. – 2017. – Т. 1, № 4. – С. 100–104.
7. Бобобеков, К. М. Оценка параметров перевернутого маятника в системе стабилизации углового положения / А. А. Воевода, К. М. Бобобеков // Вестник РГРТУ. – 2017. – № 3(61), – С. 110–118.
8. Troshina G.V. Unstable object parameters estimation with one input and two outputs in automatic control system / G. V. Troshina, A. A. Voevoda, K. M. Bobobekov // 18th International Conference of young specialists on micro-/nanotechnologies and electron devices, EDM 2017: proc., Altai, Erlagol, 29 June-3 July 2017. – Novosibirsk: NSTU, 2017. – P. 138–141.
9. Бобобеков К.М. Активная идентификация параметров модели перевернутого маятника по углу при подаче на вход синусоидальных сигналов / К. М. Бобобеков, А. А. Воевода // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2016. – № 2(84). – С. 21–37.
10. Бобобеков, К. М. Активные методы оценки параметров регулятора в системе автоматического управления / К. М. Бобобеков // Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Новосибирск, 14–17 ноября, 2017 г. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – С. 240–244.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ - INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Бобобеков Курбонмурод Мулломиракович н.и.т., муаллими калон	Бобобеков Курбонмурод Мулломиракович к.т.н., старший преподаватель	Bobobekov Kurbonmurod Mullomirakovich candidat of engineering sciences, Senior Lecturer
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С.Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
e. mail: kurbon_111@mail.ru		
TJ	RU	EN
Воевода Александр Александрович д.и.т., профессор	Воевода Александр Александрович д.т.н., профессор	Voevoda Alexandr Alexandrovich doctor of engineering sciences, Professor
Донишгоҳи давлатии техникии Новосибирск	Новосибирский государственный технический университет	Novosibirsk State Technical University
e. mail: ucit@ucit.ru		
TJ	RU	EN
Холов Шавкат Ерович н.и.т., и.в. дотсент	Холов Шавкат Ерович к.т.н. и.о. доцент	Kholov Shavkat Yorovich candidat of engineering sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С.Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
e. mail: shavkat.kholov@yandex.ru		
TJ	RU	EN
Шипагин Виктор Игоревич Аспиранти кафедраи «Автоматика»-и Донишгоҳи давлатии техникии Новосибирск	Шипагин Виктор Игоревич аспирант кафедры «Автоматики» Новосибирского государственного технического университета	Shipagin Victor Igorevich postgraduate student of the Department of Automation, Novosibirsk State Technical University
Донишгоҳи давлатии техникии Новосибирск	Новосибирский государственный технический университет	Novosibirsk State Technical University
e. mail: shipagin@mail.ru		

УДК 65.011.56

РЕГУЛИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОТОКОВ НА СЛОЖНЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТНОЙ ЛОГИКИ

Р.М. Бандишоева, Н.И. Юнусов, М.А. Бадалова

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими

В статье рассматривается принцип управления транспортным потоком на сложном перекрестке с использованием метода нечеткой логики. Существующие контроллеры светофоров далеко не всегда являются оптимальным выбором для решения проблемы загруженности, поскольку они работают по заданному циклу времени. В свою очередь, контроллеры нечеткой логики способны обрабатывать разнообразные лингвистические и непредсказуемые данные о трафике, что позволяет эффективно управлять продолжительностью сигналов светофора. Разработка интеллектуального контроллера светофора выполнена на основе нечеткой логики, где управление осуществляется на основе правил "если - то". Модель системы управления светофором разработана в среде ARDUINO и PROTEUS.

Ключевые слова: нечеткая логика, управление трафиком, треугольная функция принадлежности, система нечеткой базы правил.

ТАНЗИМИ ҲАРАКАТИ МОШИНҲО ДАР ЧОРРОҲАҶОИ МУРАККАБ БО ИСТИФОДА АЗ МАНТИҚИ НОАНИҚ

Р. М. Бандишоева, Н.И. Юнусов, , М. А. Бадалова

Дар мақола идоракунии ҳаракати нақлиёт дар чорроҳаи мураккаб бо истифода аз усули мантиқи ноаниқ баррасӣ карда мешавад. Ҷароғаки роҳнамои мавҷудбуда мушкилоти ҳаракати нақлиётро дар чорроҳаҳои мураккаб на ҳама вақт ҳал менамоянд, зеро онҳо дар як давраи муайяни вақт қор мекунад. Дар навбати худ, контроллерҳои дар асоси мантиқи ноаниқ имконият доранд, ки маълумоти гуногуни лингвистикӣ ва пешгуишавандаи ҳаракати нақлиётро қорқард намоянд, ки ин қори идоракунии давомнокии сигналҳои ҷароғакҳои роҳнамо самаранок мегардонад. Дар мақола контроллерҳои зехнии ҷароғаки роҳнамо дар асоси мантиқи ноаниқ таҳия карда шудааст, ки дар он идоракунии дар асоси қоидаҳои "агар – он гоҳ" амалӣ карда мешавад. Модели системаи идоракунии ҷароғаки роҳнамо дар муҳитҳои ARDUINO ва PROTEUS таҳия карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: мантиқи ноаниқ, идоракунии ҳаракати нақлиёт, функсияи мансубияти секунҷа, базаи системаи қоидаҳои ноаниқ.

REGULATION OF VEHICLE FLOW AT COMPLEX INTERSECTIONS USING ODD LOGIC

R.M. Bandishoeva, N.I. Yunusov, , M.A. Badalova

Article discusses traffic flow control at a complex intersection using fuzzy logic method. Existing traffic light controllers are not always the best choice for solving congestion problems, since they operate on a given time cycle. In turn, fuzzy logic controllers are capable of processing a variety of linguistic and unpredictable traffic data, which makes it possible to effectively control the duration of traffic signals. The development of an intelligent traffic light controller is based on fuzzy logic, where control is carried out based on "if-then" rules. The traffic light control system model was developed in the ARDUINO and PROTEUS environment.

Keywords: fuzzy logic, traffic control, triangular membership function, fuzzy rule base system.

ВВЕДЕНИЕ

Пробки на дорогах являются одной из важнейших проблем, которые необходимо решать для улучшения экономики любой страны. Правильный способ управления пробками на дорогах осуществляется с помощью светофоров. Целью решения проблемы с пробками является минимизация задержек на дорогах за счет эффективного использования существующих систем светофоров без изменения инфраструктуры дорог. Дорожная система в большей степени зависит от таких параметров, как времени суток, дня недели, и времени года (сезона), загруженность линии в данном направлении (въезд в город утром и выезд из города после работы) и другие неучтенные ситуации. Трудности и неопределенности, присутствующие в существующей системе дорожного движения, можно устранить с помощью интеллектуальной системы управления дорожным движением, которая постоянно распознает и корректирует длительности работы светофора в зависимости от пробки.

КОНТРОЛЛЕР НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА

Входы в систему управления нечеткими сигналами формируются на основе опыта и проведенных натуральных наблюдений за потоком транспорта. Система, основываясь на нечетких правилах, использует заданные входные данные для принятия решений, опираясь на построение правил "если-то", которые определяют взаимосвязи между лингвистическими переменными (рис. 1). Целью такого подхода является повышение безопасности движения на перекрестках, максимизация потоков транспорта и минимизация временных задержек.

Система светофора опирается на различные цветовые сигналы: красный цвет указывает прибывающим транспортным средствам остановиться, зеленый цвет указывает транспортным средствам, разрешение на проезд, а желтый цвет сигнализирует о скором переключении на красный или зеленый.

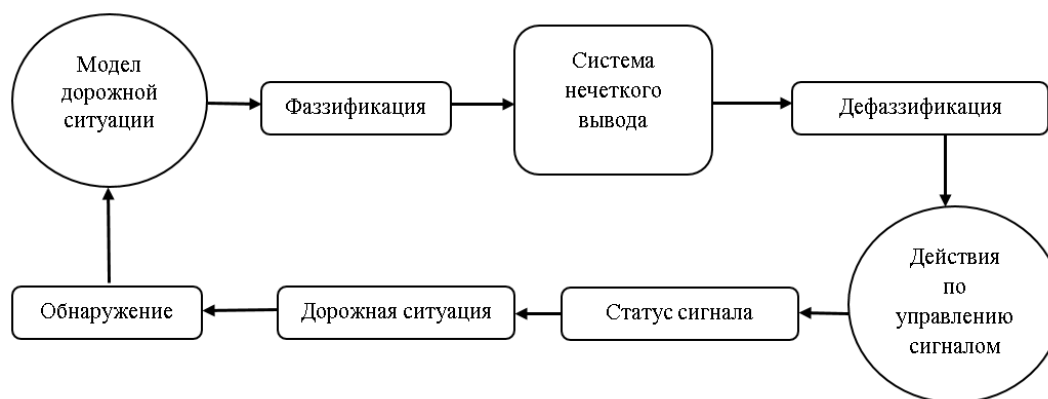


Рисунок 1 – Нечеткий контроллер светофоров

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ СВЕТОФОРА

Система управления транспортными потоками на основе нечеткой логики реализованы на микроконтроллере (МК) **Arduino Uno**.

Arduino Uno контроллер построен на основе микропроцессора **ATmega328**. Платформа имеет 14 цифровых входов/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для загрузки программы в МК необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB.

В отличие от всех предыдущих плат, использовавших FTDI USB микроконтроллер для связи по USB, новый **Arduino Uno** использует микроконтроллер **ATmega8U2**.

Драйвер реле ULN 200 представляют собой преобразователь уровня напряжения и усиления тока. Выход каждого драйвера реле подается на светодиоды красного, зеленого или желтого цвета.

Инфракрасный датчик может обнаружить транспортные средства. Известно, что тепловое излучение инфракрасного спектра излучают все объекты. Инфракрасный датчик обнаруживает этот тип излучения, невидимый человеческому глазу.

Архитектура микроконтроллера представлена на рисунке 2.

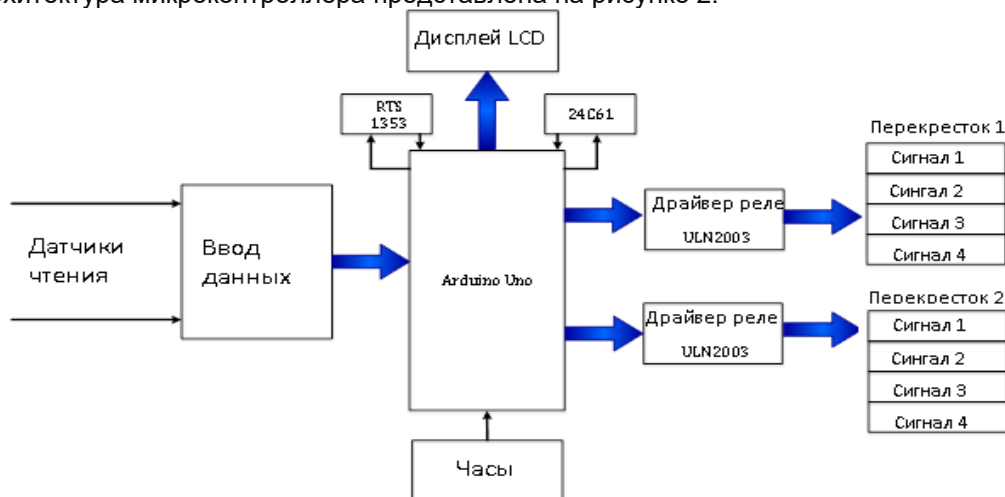


Рисунок 2 – Архитектура микропроцессорной системы управления светофором

АЛГОРИТМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ

1. Датчик отправляет текущую информацию о дорожном движении на микроконтроллер.
2. Микроконтроллер анализирует данные с датчика и определяет уровень трафика и загруженность всей линии в данном направлении.
4. Затем микроконтроллер принимает решение об освещении нужного сигнала светофора на основе базы нечетких правил.
5. Система сохраняет информацию о дорожном движении.

На рисунке 3 показана архитектура системы, где датчики отправляют информацию о трафике на микроконтроллер в двоичной форме. Микроконтроллер сохранит эту информацию в шестнадцатеричном

виде и отправляет информацию о трафике в систему. Система хранит эту информацию в десятичной форме, чтобы пользователь мог легко прочитать эту информацию и контролировать пробки на дорогах.

Основная идея заключается в использовании одного из ИК-светодиодов для отправки инфракрасных волн на объект, другой ИК-диод того же типа должен использоваться для обнаружения отраженной волны от объекта. Практически трудно обнаружить разницу напряжений работы ИК-приемников, поэтому для точного обнаружения этого напряжения используют операционные усилители (ОУ) [1]. Входные сигналы, генерируемые датчиками, имеют форму цифровых сигналов, указывающих на присутствие или отсутствие транспортного средства. Эти цифровые сигналы от каждой дороги будут поступать на входной порт микроконтроллера [2], где микроконтроллер определит загруженность транспортного потока на протяжении всей дороги, подсчитывает длину каждой дороги и решит, по какому направлению перекрестка предоставить зеленый цвет. Эта информация вводится в микроконтроллер для определения различных сигналов синхронизации, где время включения и выключения четырех переходов будет рассчитываться микроконтроллером. На ЖК-дисплее будет указано время, оставшееся до того, как сигнал станет зеленым, т. е. время, в течение которого транспортное средство должно ждать на определенном перекрестке.



Рисунок 3 – Алгоритм работы системы управления светофором на базе микроконтроллера

Модель «Интеллектуальный светофор» разработан с применением нечеткой логики [4], разработана на базе микроконтроллера Arduino. С помощью программы Proteus (рисунок 4) была создана принципиальная схема системы управления контроллера светофора.

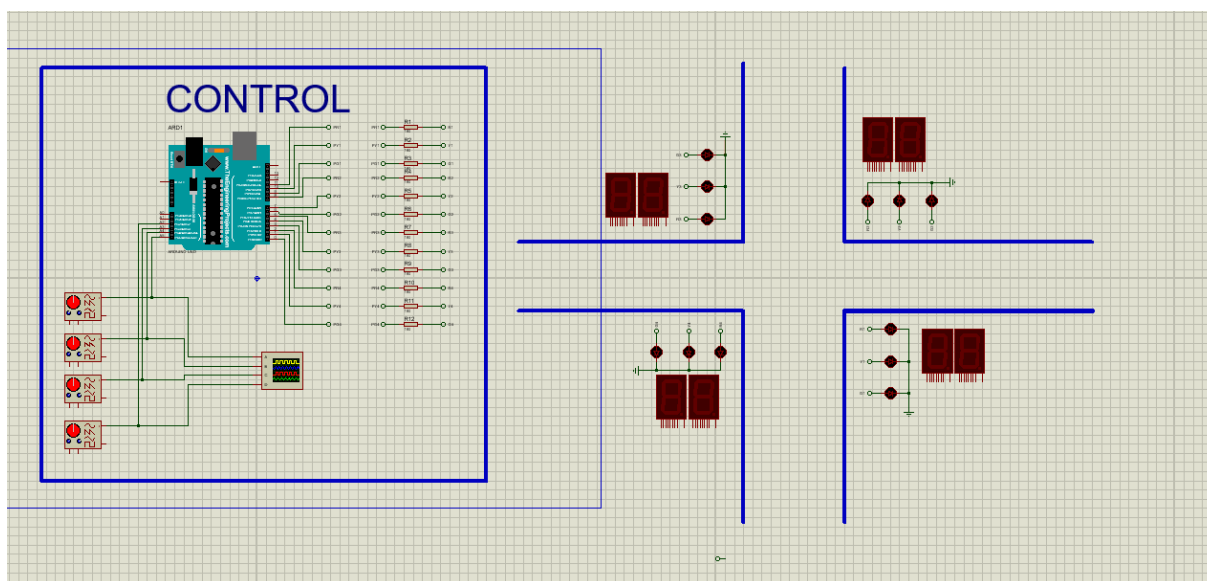


Рисунок 4 – Принципиальная схема управления светофором

Четыре ультразвуковых датчика соединены с Arduino. Arduino считывает данные с этих датчиков и рассчитывает расстояние. Светофор использует разности показаний четырех пар датчиков: (ИКД1-ИКД2), (ИКД3-ИКД4), (ИКД5-ИКД6) и (ИКД7-ИКД8). Таким образом, если для улицы «Север Юг» горит зеленый цвет, машины проезжают перекресток и показания двух пар датчиков равны: ИКД1=ИКД2, ИКД5=ИКД6, а, следовательно, их разность равна нулю. В это же время на улице «Запад Восток» перед светофором останавливаются машины, которые успели проехать только ИКД4 и ИКД7. Для сравнения работы обоих светофоров вводится показатель эффективности, в качестве которого будем рассматриваться число машин, не проехавших перекресток за один цикл светофора.

Ультразвуковой датчик излучает ультразвуковую волну и отраженное от объекта эхо принимается датчиком. Чтобы генерировать волну, нам нужно будет установить триггер на 10 мкс, который отправит звуковой импульс с 8 циклами на частоте 40 кГц, который посылается в сторону объекта, и после отражения сигнала возникает эхо. Затем эхо скажет нам время, когда волна пришла обратно к датчику (микросекунды). Затем мы преобразуем это время в пройденное расстояние, используя известную формулу $S = V * T$.

Светодиоды подключены к Arduino через резисторы 220 Ом. Резистор ограничивает ток, протекающий через светодиод.

НЕЧЕТКИЕ ВВОДЫ, ВЫВОД И ИХ ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ ПЕРЕМЕННЫЕ

Представляется контроллер сигналов нечеткой логики, который основан на трех нечетких входных переменных: количество транспортных средств, прибывающих на перекресток, или количество транспортных средств, проезжающих на зеленый цвет (AVArrival Vehicle); количество машин, стоящих в очереди на перекрестке или количество машин, ожидающих на красный цвет (QV-Queuing Vehicle); Нагрузка линии в данном направлении (F-высокая или низкая).

Продолжительность зеленого цвета (GD) является выходной переменной, которая определяет время продления зеленого цвета на стороне прибытия.

В таблице 1 представлен диапазон значений для фиксации входных и выходных переменных.

Таблица 1. Диапазон входных и выходных значений переменных

Прибывающий автомобиль		Автомобиль в очереди		Поток		Продолжительность зеленого цвета	
Диа-пазон	Лингвистические переменные	Диа-пазон	Лингвистические переменные	Видимость (метр)	Лингвистические переменные	время (сек)	Лингвистические переменные
00-10	Меньше	00-10	Меньше	1000-1500	Низкий	00-10	Короткий
07-25	Средний	07-25	Средний	400-1200	Средний	08-30	Средний
20-50	Высокий	20-50	Высокий	50-500	Высокий	25-60	Длинный

НЕЧЕТКИЕ ВХОДЫ, ВЫХОД И ФУНКЦИИ ИХ ПРИЧАСТНОСТИ

Треугольные нечеткие числа часто применяются во многих приложениях благодаря своей вычислительной эффективности. Графическое представление функций принадлежности входных и выходных переменных приведено ниже. Объем потока на прибывающей стороне и стороне очереди имеет (Меньшее, Среднее, Высокое) количество транспортных средств, а также пробка (Меньше, Средний, Высокий) и продолжительность зеленого времени (Короткий, Средний и Длинный).

В таблице 2 представлены функции принадлежности каждой входной и выходной переменной.

Для входных нечетких переменных, относящихся к прибывающим транспортным средствам и транспортным средствам в очереди, вся область обсуждения представляет количество транспортных средств на оси X, а область обсуждения для пробки представляет диапазон видимости в метрах. На оси Y для всех входных переменных степень принадлежности варьируется от 0 до 1. Область обсуждения выходной нечеткой переменной представляет продолжительность сигнала, который необходимо продлить в секундах.

Для идентификации прибывающих транспортных средств и транспортных средств в очереди, используются входные нечеткие переменные. Степень принадлежности определяет диапазон видимости в метрах X. Ось Y представляет степень принадлежности для всех входных переменных, которая варьируется от 0 до 1. Степень принадлежности для выходной нечеткой переменной представляет собой продолжительность сигнала разрешения, которую необходимо продлить в секундах.

Таблица 2. Функция принадлежности входных и выходных переменных

		Функции принадлежности	Диаграмма
Ввод	Прибывающий автомобиль	Меньше, Среднее, Больше	
	Автомобиль в очереди	Меньше, Среднее, Больше	
	Пробка	Меньше, Среднее, Больше	
Вывод	Продолжительность зеленого сигнала	Короткий Средний Длинный	

НЕЧЕТКИЕ ПРАВИЛА "ЕСЛИ-ТО"

Все сферы деятельности человека требуют установления определенных правил для успешной реализации поставленной цели. Этот процесс, инициированный интеллектом, напоминает нечто подобное механизма нечеткого вывода. Используя три входных переменных, были разработаны 27 нечетких правил, которые обеспечивают необходимые выходные данные для их следующего применения. Подробности о полученных выходных данных, как показано в таблице 3.

Таблица 3. Выходные данные нечетких правил

№ Правил	Ввод			Продолжительность
	Прибывающий автомобиль	Очередь	Пробка	
	Н	Н	Н	М
	Н	Н	С	С
	Н	Н	В	С
	Н	С	Н	С
	Н	С	С	В
	Н	С	В	С
	Н	В	Н	М
	Н	В	С	С
	Н	В	В	В
	С	Н	Н	М
	С	Н	С	С
	С	Н	В	С
	С	С	Н	С
	С	С	С	С
	С	С	В	С
	С	В	Н	В
	С	В	С	В
	С	В	В	С
	В	Н	Н	М
	В	Н	С	С
	В	Н	В	В
	В	С	Н	С
	В	С	С	С
	В	С	В	В
	В	В	Н	В
	В	В	С	В
	В	В	В	В

С использованием графического интерфейса пользователя (GUI) была спроектирована функция принадлежности входных и выходных переменных (рисунок 5) следующим образом.

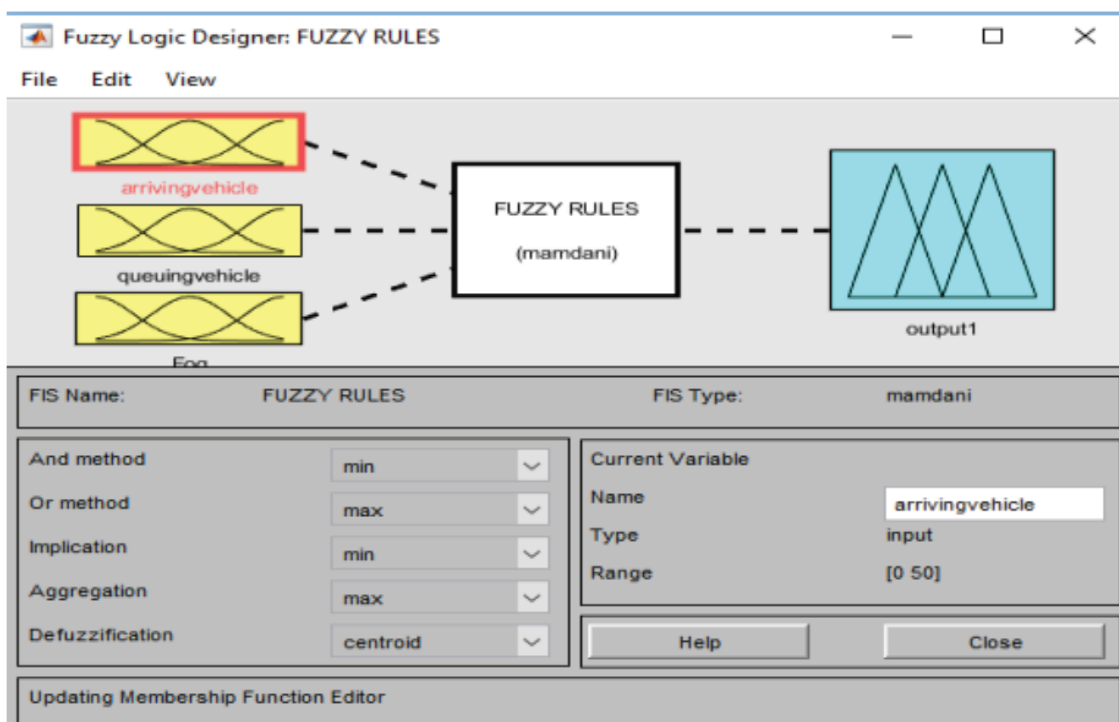


Рисунок 5 – Редактор FIS

На рисунке 6 показана функция принадлежности для входной переменной прибывающего транспортного средства (AV). Диапазон значений этой функции принадлежности определен следующим образом: меньше = от 0 до 10, средняя = от 7 до 25 и высокая = от 20 до 50.

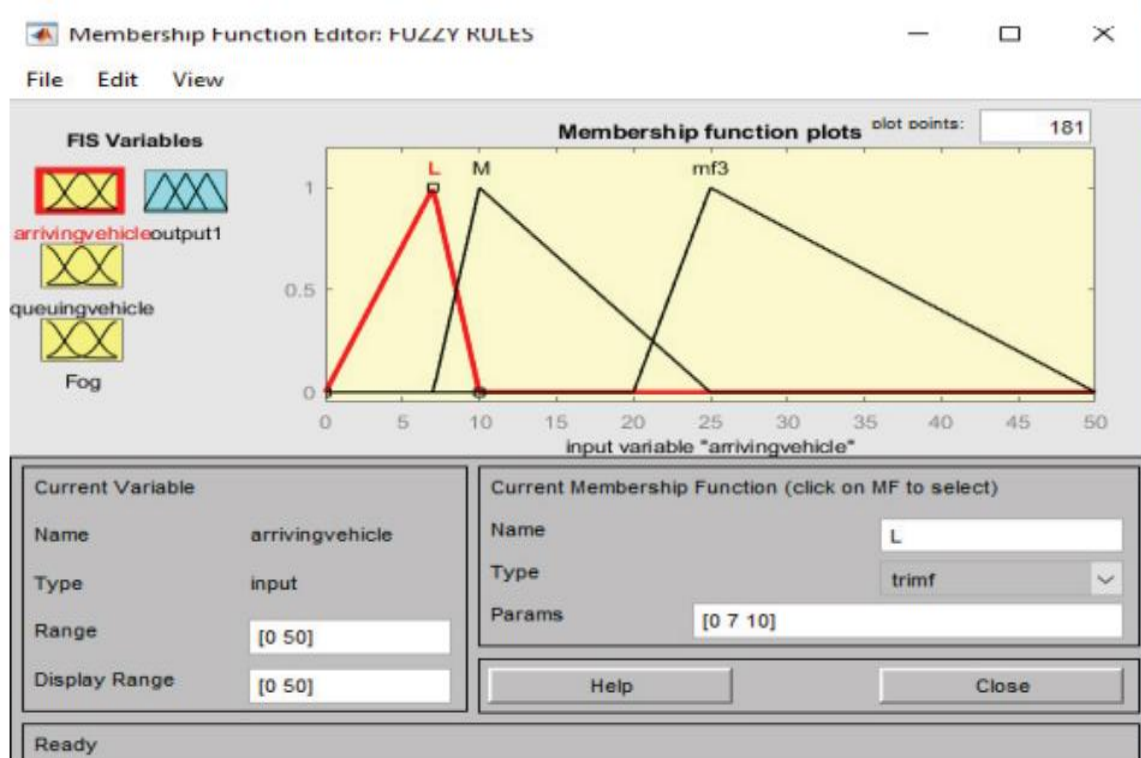


Рисунок 6 – Функция принадлежности (прибывающий автомобиль)

На рисунке 7 показана функция принадлежности для входной переменной транспортного средства массового обслуживания (QV). Функция принадлежности для транспортного средства в очереди имеет следующий диапазон: меньше = от 0 до 10, средняя = от 7 до 25 и высокая = от 20 до 50.

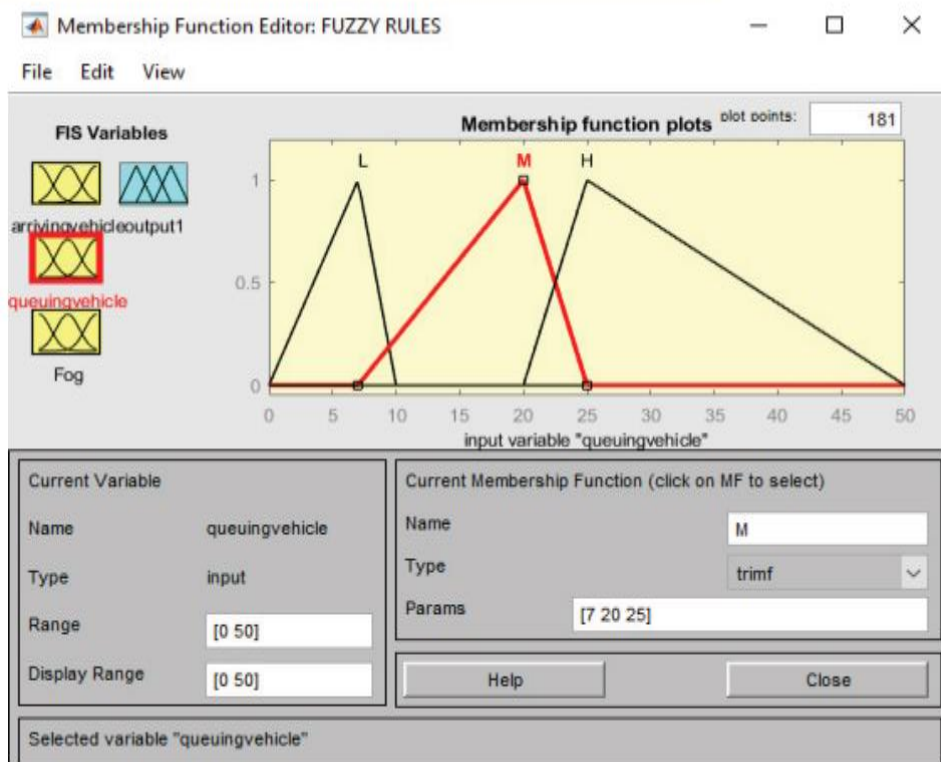


Рисунок 7 – Функция принадлежности (транспортное средство с очередью)

На рисунке 8 показана функция принадлежности для входной переменной пробки (F). Диапазон значений этой функции принадлежности определен следующим образом: низкая = от 1000 до 1500, средняя = от 400 до 1200 и высокая = от 50 до 500.

На рисунке 9 показана функция принадлежности для выходной переменной продолжительности зеленого цвета (GD). Функция принадлежности для продолжительности зеленого цвета имеет следующий диапазон: короткая = от 0 до 10, средняя = от 08 до 30 и высокая = от 25 до 60.

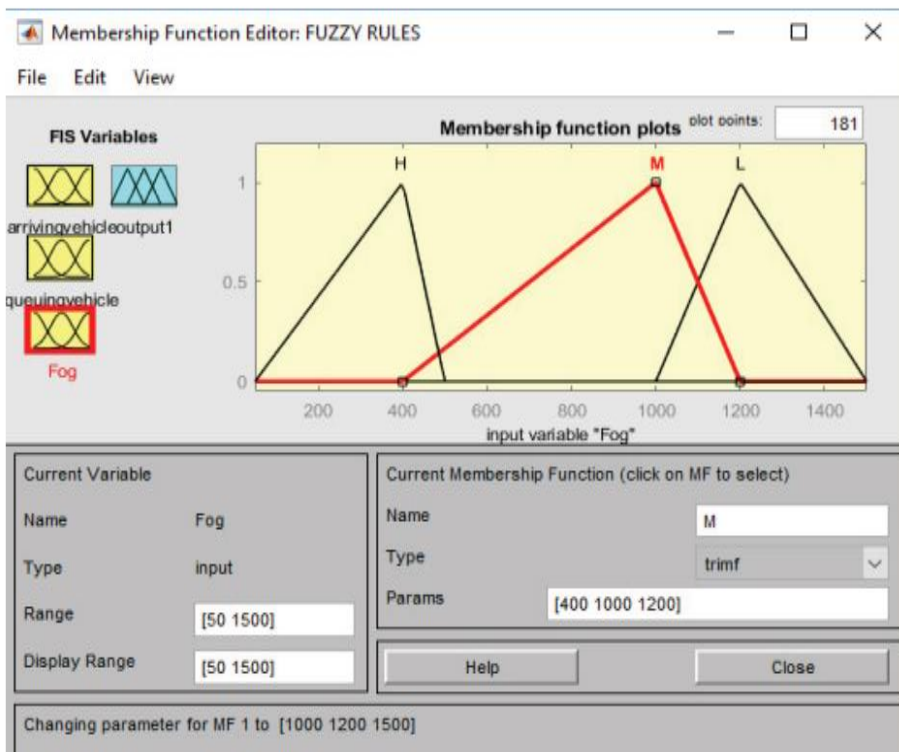


Рисунок 8 – Функция принадлежности (нагруженность линии)

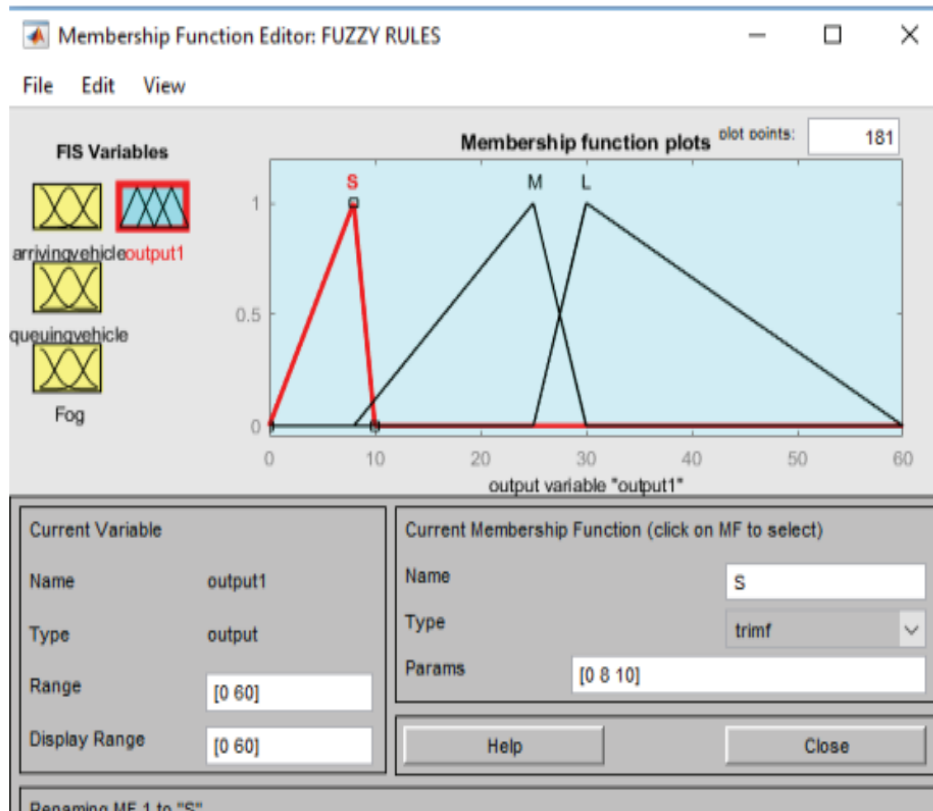


Рисунок 9 – Функция принадлежности (продолжительность)

10). С помощью редактора FIS в MATLAB вставлены предложенные нечеткие правила "если-то" (рис.

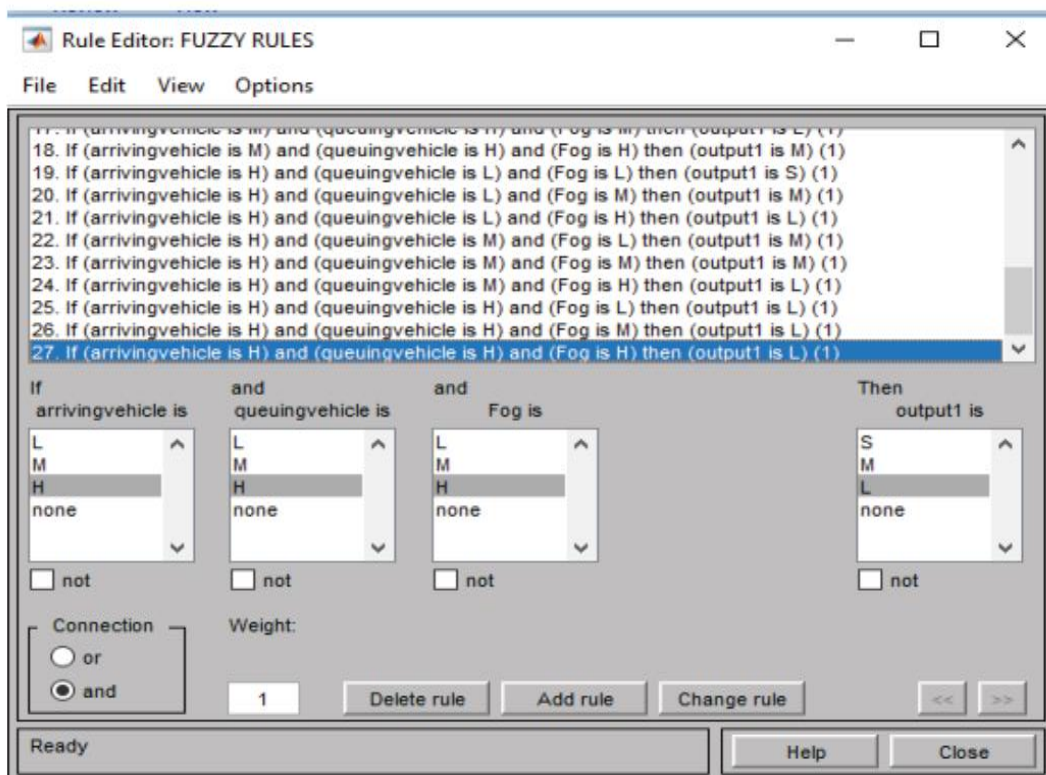


Рисунок 10 – Редактор правил

FIS позволяет просматривать графически средствами просмотра правил и просмотра поверхностей.

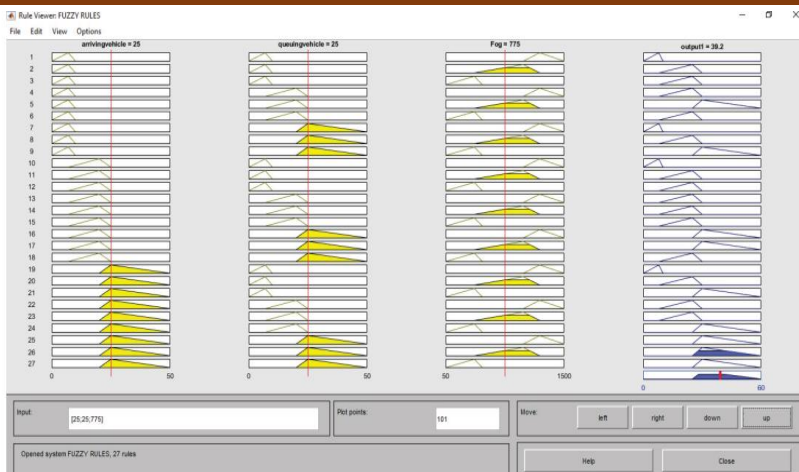


Рисунок 11 – Средство просмотра правил

На рисунке 12 показана поверхность принятия решений предлагаемой системы управления.

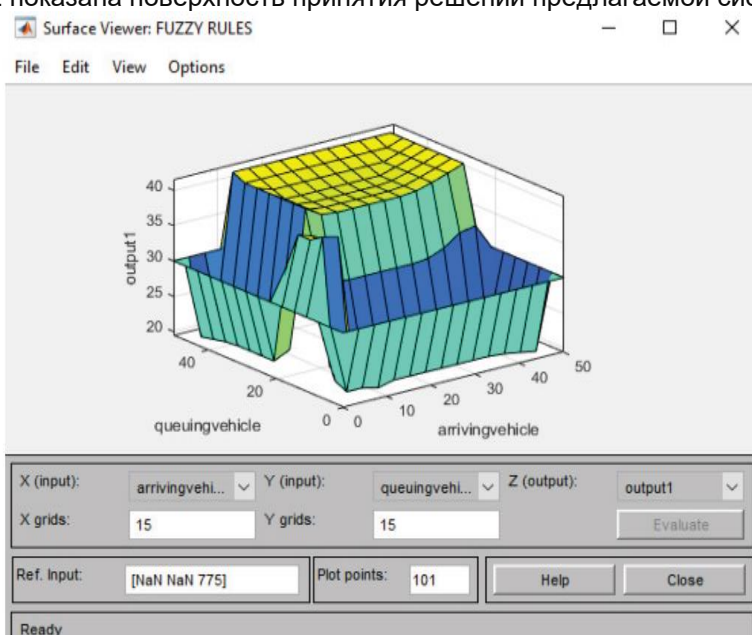


Рисунок 12 – Средство просмотра поверхности

Средство просмотра поверхности представляет собой трехмерную выходную поверхность, иллюстрирующую прибывающие и ожидающие транспортные средства. Для различных результатов можно создавать разные средства просмотра поверхностей.

В данной статье предложена система управления с нечеткой логикой для контроля затворов на перекрестке. Учитывая нечеткие входные данные AV, QV и F, были сформулированы нечеткие правила и проанализированы пробки на перекрестке с использованием набора инструментов нечеткой логики. Было отмечено, что использование методов нечеткой логики позволяет более точно оценить пробки на перекрестках во время транспортного потока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье рассмотрено эффективное применение светофора на основе нечеткой логики. Для оценки времени продления зеленого цвета было учтено количество прибывающих и ожидающих транспортных средств с учетом загруженности всей линии по данному направлению при использовании предложенного контроллера нечеткой логики.

Рецензент: Хасанов Дж.Р. – к.т.н., заведующий кафедрой “Э и ИС” Технологического университета Таджикистана

ЛИТЕРАТУРА

1. Принцип действия «умного» светофора: <http://www.bolshoyvopros.ru/questions/679414-kak-dejstvuet-umnij-svetofor.html>
2. Умный светофор. Arduino технологии: <https://arduino-tech.ru/2018/12/29/umnij-svetofor/>
3. Р.М. Бандишоева, Н.И. Юнусов, У.Х. Джалолов/ Построение адаптивного регулятора на основе принципов нечеткой логики и метода интегральной модуляции// “Политехнический Вестник: Серия Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции, № 4 (56) 2021, – Душанбе: ТТУ им. акад. М.С. Осимӣ, С.48-53.

4. Бандишоева Р.М. Планирование режимов капельного орошения хлопка с использованием метода нечёткой логики /Бандишоева Р.М. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. - Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими. - 2015. -№ 4 (32). -С. 62-66. ISSN: 2520-2227.

5. Бандишоева Р.М. У.Х. Джалолов, Н.И. Юнусов/Определение водопотребления для фаз развития хлопчатника с применением технологии искусственного интеллекта//Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития науки и образования» посвященной 25 – летию Независимости Республики Таджикистан и 60 - летию Таджикского Технического Университета имени академика М.С.Осими, 2016, стр.132-135.

6. Бандишоева Р.М. У.Х. Джалолов, Н.И. Юнусов /Концепция применения нечеткой логики в системе управления капельным орошением хлопчатника//Республиканская научно-практическая конференция «ИТ-технологии. Современное состояние и перспективы развития». Душанбе, 13-ноября 2014. стр.47-51.

7. Бандишоева Р.М., У.Х. Джалолов, Н.И. Юнусов, У.А. Турсунбадалов /Разработка системы управления орошением хлопчатника на основе нечёткой логики//Конференция байналмилалии илмӣ-амалӣ “об – омили муҳими рушди устувор” ба муносибати даҳсолаи байналмилалии амал «Об барои рушди устувор» 2018-202821 апрели соли 2018, стр. 368-373.

8. Бандишоева Р.М., Н.И. Юнусов, У.Х. Чалолов, М.А. Бадалова, Ш.Ё.Холов /Ташкили алоқаи универсалӣ байни таҷҳизотҳои рақамӣ//Маводҳои конференсияи илмӣ-амалии байналмилалӣ “Татбиқи технологияҳои иттилоотии телекоммуникатсионӣ дар ташаққули ҳукумати электронӣ ва саноаткунонии кишвар” /ДТТ ба номи академик М.С.Осими, Душанбе, 2020, саҳ 34-37.

9. Бандишоева Р.М., Абдукарим А., Н.И. Юнусов/Автоматизация полива и минерализации при капельном орошении высших растений //Материалы международной научно-практической конференции “Технические науки и инженерное образование для устойчивого развития” – Часть 2 // Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими. Душанбе. - 2021. – стр.72-78.

10. Бандишоева Р.М., Н.И. Юнусов, У.Х. Джалолов, М.А. Бадалова / Проектирование системы управления стиральной машиной с использованием нечёткой логики// “Политехнический Вестник: Серия Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции, № 3 (55) 2021, – Душанбе: ТТУ им. акад. М.С. Осимӣ, С.77-83.

11. Бандишоева Р.М., Н.И. Юнусов, У.Х. Джалолов, М.А. Маҳмадов, Абдукарими А /Построение адаптивного регулятора на основе принципов нечеткой логики и метода интегральной модуляции// “Политехнический Вестник: Серия Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции, № 4 (56) 2021, – Душанбе: ТТУ им. акад. М.С. Осимӣ, С.48-53.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ - INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Бандишоева Рисолат Мирзошоевна н.и.т., дотсент	Бандишоева Рисолат Мирзошоевна к.т.н., доцент	Bandishoeva Risolat Mirzoshoevna candidat of engineering sciences, Assistant professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С.Осими risolatbm@gmail.com	TTU named after academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Юнусов Низомиддин Исмоллович н.и.т., дотсент	Юнусов Низомиддин Исмоллович к.т.н., доцент	Unusov Nizomiddin Ismoilovich candidat of engineering sciences, Assistant professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С.Осими unizom@hotmail.com	TTU named after academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Бадалова Мамлакат Абдухайровна н.и.т., и.в. дотсент	Бадалова Мамлакат Абдухайровна к.т.н., и.о. доцента	Badalova Mamlakat Abdukhayrovna candidat of engineering sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С.Осими mbadalova@gmail.com	TTU named after academician M.S. Osimi

ШИФРОВАНИЕ ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРИГРАММ И ДВОЙНОГО КЛЮЧА

М.Х. Гафуров, А.А. Косимов, Исфандиёри С.

Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими

На современном этапе развития информационные технологии существенно расширили и усилили своё влияние во всех сферах нашей жизнедеятельности. Это обстоятельство – безусловный положительный фактор, влияющий на инновационный характер развития реального сектора экономики, здравоохранения, сферы услуг, досуга и, конечно же, образования. Однако наряду с этим указанный тренд со все большей очевидностью обнажает остроту проблем, негативных последствий информатизации. В наибольшей степени эти проблемы связаны с возможностями несанкционированного доступа к информационным ресурсам, объектам инфраструктуры, принадлежащим другим физическим лицам, субъектам хозяйствования, банковской сферы, другим государствам. Это напрямую связано с необходимостью обеспечения не только информационной, но и государственной безопасности. Указанные причины возлагают на систему IT-образования ответственность в части не только информатизации самой сферы образования, но и подготовки специалистов, способных эффективно решать указанные проблемы. В данной статье рассмотрены способы создания множества односторонней триграммы алфавита шифрования, создания и использования двойного ключа шифрования объекта на примере текста таджикского языка (применимо для произвольного языка), обладающего высокой устойчивостью закрытого (зашифрованного) объекта, который обеспечивает защиту открытого объекта от доступа со стороны заинтересованных лиц, организованные преступные группы, внешней разведки, взломщиков (хакеров).

Ключевые слова: метод, объект, алфавит, шифрования, зашифрования, расшифрования, триграмма, множества, символ, ключ, устойчивость.

БАДАЛСОЗИИ ОБЪЕКТ БО ИСТИФОДАИ ТРИГРАММАҶО ВА КАЛИДИ ДУКАРАТА

М.Ҳ. Гафуров, А.А. Қосимов, Исфандиёри С.

Дар замони муосир технологияҳои иттилоотӣ таъсири хурдо дар тамоми соҳаҳои ҳаёти мо хеле васеъ ва мустақкам гардонид. Ин ҳолат омили бечунучаро мусбӣ баҳисоб меравад, ки ба хусусияти инноватсионии рушди баҳши воқеии иқтисодиёт, тандурустӣ, хизматрасонӣ, фароғат ва албатта маориф бетаъсир нест. Аммо дар баробари ин, тамоюли мазкур тезу тунд будани проблемаҳо, оқибатҳои манфии иттилоотикунониро равшантар иникос мекунад. Ин мушкилот бештар ба имкони дастрасии беиҷозат ба захираҳои иттилоотӣ, объекти инфрасохтори шаҳсони воқеӣ, субъектҳои соҳибкорӣ, баҳши бонкӣ ва мамлакатҳои хориҷӣ алоқаманд мебошанд. Ин бевосита ба зарурати таъмин кардани на фақат маълумот (ахборот, додаҳо), балки амнияти давлат низ дахл дорад. Ин сабабҳо системаи таълими технологияҳои иттилоотиро на танҳо барои иттилоотикунонии ҳуди соҳаи маориф, балки барои тайёр кардани мутахассисони қодир ба ҳалли самараноки ин мушкилот водор мекунад. Дар мақола тарзи сохтани маҷмӯи триграммаи яктарафаи алифбои бадалсозӣ, сохтан ва истифодаи калиди дукарата ва бадалсозии объект дар мисоли матни забони тоҷикӣ (дар забони ихтиёрӣ татбиқшаванда мебошад) мавриди баррасӣ қарор гирифтааст, ки он дорой устувории баланди объекти пӯшида (бадалшуда) буда, ҳифзи объекти кушодаи додашударо аз ҷониби шаҳсони манфиатдор, гурӯҳҳои муташаккили ҷиноятпеша, разведкаи хориҷӣ, қулфшиканҳо (ҳакерон), таъмин мекунад.

Калидвожаҳо: усул, объект, алифбо, бадалсозӣ, бадалкунӣ, аксбадалкунӣ, триграмма, маҷмӯъ, аломат, калид, устуворӣ.

OBJECT ENCRYPTION USING TRIGRAMS AND DOUBLE KEY

M.Kh. Gafurov, A.A. Kosimov, Isfandiyyori S.

At the present stage of development, information technologies have significantly expanded and strengthened their influences in all spheres of our life. This circumstance is an unconditional positive factor affecting the innovative nature of the development of the real sector of the economy, healthcare, services, leisure and, of course, education. However, along with this, this trend is increasingly clearly revealing the acuteness of the problems, the negative consequences of informatization. To the greatest extent, these problems are associated with the possibility of unauthorized access to information resources, infrastructure facilities owned by other individuals, business entities, the banking sector, and other states. This is directly related to the need to ensure not only information, but also state security. These reasons make the IT education system responsible not only for the informatization of the education sector itself, but also for the training of specialists capable of effectively solving these problems.

This article discusses how to create a set of one-sided encryption alphabet trigrams, create and use a double object encryption key using the Tajik language text as an example (applicable for an arbitrary language), a highly stable closed (encrypted) object that protects an open object from access by interested parties, individuals, organized criminal groups, foreign intelligence, crackers (hackers).

Key words: method, object, alphabet, encryption, decryption, trigram, sets, symbol, key, stability.

В работе [1] рассмотрен способ составления биграмм и ее частота повторения в таджикской литературе, а в работе [2] – исследован и предложен способ составления триграммы и ее использование при определении автора текста на таджикском языке. В работе [3] рассмотрены три способа создания множества алфавитов шифрования, элементы которого состоят из символов, способы создания произвольного ключа шифрования и метод шифрования с использованием языковых символов (униграмм). В работе [4] исследуется метод создания и определения количества уникального произвольного ключа в шифровании текстового объекта. В работах [3, 5] обсуждались способы создания множества расширенных частных алфавитов и его использования в процессе шифрования текстового объекта. В работе [6] обсуждаются метод создания произвольного ключа шифрования текстового объекта и его использование в процессе шифрования языковых элементов. В работе [7] предложен способ создания однонаправленных биграмм, множество расширенного частного алфавита

шифрования, элементы которого состоят из биграммы, метод создания первого и второго произвольных ключей шифрования и их применение в процессе шифровании рассматриваемого текстового объекта.

Пусть G принимается как заданный открытый текстовый объект. В заданном объекте G орфографических знаков, пробела, нулевой позиции и конца абзаца обозначим произвольными символами кода ASCII или Unicode, обозначим его как начальный множества MA , который имеет следующий вид:

$$MA = \{a_i: x_i \rightarrow y_i; x_i \in G; y_i \in \text{ASCII, Unicode}; i = \overline{1, m}\}, \quad (1)$$

где x_i – символы, отмеченные выше в качестве заменяемого, а y_i – произвольные символы кода ASCII или Unicode в качестве заменяющего.

После применения созданного множества (1) к заданному открытому объекту G он превращается в модифицированный объект GT , и с помощью его символов составляются односторонние триграммы, включающие в себя все символы объекта GT (знаки, символы, числа и т.д.).

Принимаем его как множество M – частный расширенный алфавит шифрования заданного объекта, элементы которого состоят из триграммы. Тогда это множество, аналогичное частному расширенному алфавиту шифрования [3, 5], принимает следующий вид:

$$M = \{z_i, i = \overline{1, n}; z_i \in G\} \quad (2)$$

Следует отметить, что при создании односторонних триграмм возможно использование с первого символа текста или с последнего символа объекта GT , и если общее количество знаков, символов и цифр в нем не соответствует составлению последней триграммы (в конце одна или две нехватки символов), который не входит в данный заданный объект, произвольно включаем его как символ нулевых позиции.

Теперь по методике, представленной в [6], используя элементы построенного множества M , создадим один из вариантов произвольного закрытого уникального ключа шифрования для заданного открытого объекта G ($K1$), который примет следующий вид:

$$K1 = \{t_i \rightarrow t_j; i \neq j; t_i \neq t_j; i, j = \overline{1, n1}; t_k \in M, k = \overline{1, n1}\} \quad (3)$$

Следует отметить, что общее количество вариантов создаваемого закрытого ключа зависит от общего количества элементов (триграмм) созданного множества M , и оно равно $P(K1) = n!$. В свою очередь, общее количество вариантов закрытого частного ключа шифрования делится на два типа: $P_1(K1)$ -уникальный произвольный ключ, заданный по формуле (3) и $P_2(K1)$ -неуникальный произвольный ключ, а их количество определяется по формулам приведенным в [4], т.е. определяются следующим образом:

$$P(K1) = P_1(K1) + P_2(K1) = m_1 + m_2 = n!, \quad (4)$$

где,

$$P_1(K1) = n! - \left| \sum_{i=0}^n \frac{n!}{i!} * (-1)^{n-i} \right| \quad \text{ë} \quad P_1(K1) = n! - \sum_{i=0}^n \frac{n!}{i!} * (-1)^i \quad (5)$$

$$P_2(K1) = \left| \sum_{i=0}^n \frac{n!}{i!} * (-1)^{n-i} \right| \quad \text{ë} \quad P_2(K1) = \sum_{i=0}^n \frac{n!}{i!} * (-1)^i \quad (6)$$

Теперь, принимая произвольный вариант уникального ключа шифрования (3) в качестве первого ключа шифрования, шифруется объект GT , в результате чего получается закрытый зашифрованный объект $G1$.

Для создания второго ключа шифрования создадим множества $M1$, количество символов которого равно количеству триграмм созданного множества M . В случае большого количества элементов (триграмм) множества M для создания множества $M1$ можно использовать кодовые символы ASCII или Unicode.

Пусть множества $M1$ имеет следующий вид:

$$M1 = \{b_i: b_i \in \text{ASCII, Unicode}; i = \overline{1, n}\} \quad (2.1)$$

Теперь, используя множество расширенного частного алфавита, состоящий из триграмм (2) и выбранного множества произвольных символов (2.1), создадим один из вариантов второго уникального ключа шифрования $K2$, который имеет следующий вид:

$$K2 = \{z_i \rightarrow b_j; i \neq j; z_i \neq b_j; z_i \in M, b_j \in M1, i, j = \overline{1, n}\} \quad (3.1)$$

Благодаря простому использованию сконструированного ключа шифрования (3.1) каждая триграмма (z_i) в однократно зашифрованном объекте $G1$ заменяется символами b_j для создания дважды зашифрованного объекта, т.е. $G2$.

Для выполнения операции расшифрования, то есть получения открытого объекта GT из дважды зашифрованного объекта $G2$, последовательно выполняются следующие операции:

- во-первых, используя второй сконструированный ключ шифрования $K2$ для расшифрования объекта $G2$ и приведения его к однажды зашифрованному объекту $G1$;

- во-вторых, используя вариант созданного произвольного ключа $K1$, приводим зашифрованный объект $G1$ к измененному объекту GT ;

- в-третьих, учитывая обозначения в множестве MA , получим открытый объект G из измененного объекта GT .

Известно, что устойчивость зашифрованного объекта $G1$ зависит от определения варианта произвольно созданного первого ключа шифрования $K1$, а устойчивость зашифрованного объекта $G2$ зависит от определения варианта произвольно созданного второго ключа шифрования $K2$. В свою очередь, в зависимости от количества элементов (триграмм) множества M и множества $M1$, согласно формуле (4), количество вариантов первого ключа равно $P(K1) = n!$ и количество вариантов второго ключа также равно $P(K2) = n!$, тогда общее количество обоих ключей определяется как:

$$P(K) = P(K1) + P(K2) = 2n! \quad (7)$$

Тогда в зависимости от (7) устойчивость дважды зашифрованного объекта определяется следующим образом:

$$U(K) = (1/P(K1)) \cdot (1/P(K2)) = 1/(n!)^2 \quad (8)$$

А. Способ создания первого ключа для шифрования объекта.

Применим способ создания множества частных расширенных шифрования алфавита, элементами которых являются односторонние триграммы, а также метод создания одного из вариантов произвольного уникального ключа шифрования на примере следующего открытого объекта G .

Пусть открытый объект задан в следующем виде (рубаи из Омара Хайяма):

Асрори азалпро на ту дониву на ман,
В-ин ҳарфи муаммо на ту хониву на ман.
Ҳаст аз паси парда гуфтугӯи ману ту,
Чун парда барафтад, на ту мониву на ман.

Итак, для создания односторонних триграмм, состоящих из букв и других символов, обозначим символ пробела символом \$, через символ ? обозначим нулевой позиции (не имеющее позиции), символ запятой символом !, символ точки символом * и конец абзаца символом %, что образует следующий множества MA , т.е.

$$MA = \{ \$, ?, !, *, \% \} \quad (1.1)$$

Теперь с учетом вышеизложенного создадим преобразованный объект $GT1$, который будет выглядеть так:

Асрори\$азалпро\$на\$ту\$дониву\$на\$ман!
В-ин\$харфи\$муаммо\$на\$ту\$хониву\$на\$ман*
Ҳаст\$аз\$паси\$парда\$гуфтугӯи\$ману\$ту!
Чун\$парда\$барафтад!\$на\$ту\$мониву\$на\$ман*

Используя преобразованный объект $GT1$, создадим частный множества расширенного алфавита шифрования MP , элементы которого состоят из триграмм и имеют следующий вид:

$$MP = \left\{ \begin{array}{l} \text{аср, ори, \$аз, алр, о\$н, а\$т, у\$д, они, ву$, на$, ман,} \\ \text{! ? \% , в - и, н\$х, арф, и\$м, уам, мо$, ту$, хон, иву,} \\ \text{\$на, \$ма, н * \% , ҳас, т\$а, з\$п, аси, \$па, рда, \$гу, фту,} \\ \text{гӯй, ану, \$ту, чун, \$ба, раф, тад, ! \$н, у\$м, * ! \% , * ? \% } \end{array} \right\} \quad (2.1)$$

Используя построенный множества (2.1), строим один из вариантов первого произвольного уникального закрытого ключа шифрования способом, представленным в работе [6], который принимает следующий вид:

$$K1 = \left\{ \begin{array}{l} \text{аср} \rightarrow \text{чун, ори} \rightarrow \text{рда, \$аз} \rightarrow \text{з\$п, алр} \rightarrow \text{раф, о\$н} \rightarrow \text{аси, а\$т} \rightarrow * ! \% , \\ \text{у\$д} \rightarrow \text{\$гу, они} \rightarrow \text{\$на, ву\$} \rightarrow \text{н * \% , на\$} \rightarrow \text{гӯй, ман} \rightarrow \text{ану, ! ? \%} \rightarrow \text{т\$а,} \\ \text{в - и} \rightarrow \text{тад, н\$х} \rightarrow \text{ори, арф} \rightarrow \text{\$па, и\$м} \rightarrow \text{\$ту, уам} \rightarrow \text{! \$н, мо\$} \rightarrow \text{алр,} \\ \text{ту\$} \rightarrow \text{фту, хон} \rightarrow \text{\$ба, иву} \rightarrow \text{у\$м, \$на} \rightarrow \text{аср, \$ма} \rightarrow \text{ву$, н * \%} \rightarrow \text{\$аз,} \\ \text{ҳас} \rightarrow \text{о\$н, т\$а} \rightarrow \text{они, з\$п} \rightarrow \text{а\$т, аси} \rightarrow \text{! ? \% , \$па} \rightarrow \text{у\$д, рда} \rightarrow \text{иву,} \\ \text{\$гу} \rightarrow \text{в - и, фту} \rightarrow \text{на$, гӯй} \rightarrow \text{ҳас, ану} \rightarrow \text{ман, \$ту} \rightarrow \text{арф, чун} \rightarrow \text{мо$,} \\ \text{\$ба} \rightarrow \text{хон, раф} \rightarrow \text{\$ма, тад} \rightarrow \text{н\$х, ! \$н} \rightarrow \text{уам, у\$м} \rightarrow \text{и\$м, * ? \%} \rightarrow \text{ту\$} \end{array} \right\} \quad (3.1)$$

Теперь, используя вариант первого произвольного уникального закрытого ключа шифрования (3.1) зашифруем преобразованный объект **G1**, который является зашифрованным объектом **G1** и принимает следующий вид:

Чунрдаз\$прафаси *? %\$гу\$нан * %гуйанут\$a
 Тадори\$па\$ту! \$налргуйфту\$бау\$масрву\$з\$аз
 O\$нониа\$t!?! %у\$дивув – ина\$хас\$туманарфт\$a
 Мо\$у\$дивухон\$ман\$хуам *? %и\$м\$нан * %гуйануту\$

По зашифрованному объекту **G1** видно, что это бессмысленный текст, состоящий из последовательности символов, которые используются из символов множества (2.1), то есть символов от объекта **G**. Также возможно использование других триграмм объектов, созданных на этом языке. При создании первого произвольного закрытого ключа шифрования было использовано 42 элемента (триграммы) построенного множества (2.1), тогда по формулам (4)-(6) общее количество вариантов произвольного ключа равно $P(K1) = n! = 42! \approx 1,41 \cdot 10^{51}$, соответственно, количество вариантов уникальных ключей $P1(K1) \approx 0,52 \cdot 10^{51}$ и количество вариантов неуникальных ключей $P2(K1) \approx 0,89 \cdot 10^{51}$. То есть для данного объекта **G** число элементов множества расширенного алфавита шифрования (2.1) равно 42, вероятность определения произвольного варианта общего ключа шифрования $V(K1) \approx 1,41 \cdot 10^{-52}$, соответственно, уникального $V1(K1) \approx 0,52 \cdot 10^{-51}$, неуникального $V2(K1) \approx 0,89 \cdot 10^{-51}$.

Для выполнения легальный (разрешенной) расшифрования, достаточно использовать разработанный вариант первого произвольного уникального закрытого ключа шифрования (3.1) в обратном порядке.

Б. Способ создания второго ключа для шифрования объекта.

Для создания второго ключа шифрования выбираем произвольный множества символов, количество символов которого равно количеству триграмм частного множества расширенного алфавита шифрования (2.1). В случае чрезмерного большого количества триграмм можно использовать кодовые символы ASCII или Unicode для создания множества произвольных символов.

Пусть выбранное множество произвольных символов **M1**, число членов которого равно числу элементов (триграмм) множества (2.1), имеет следующий вид:

$$M1 = \left\{ \begin{array}{l} \text{й, н, г, ш, з, ф, п, л, ж, э, я, а, б,} \\ \text{с, d, 2, e, f, g, h, j, k, 4, 5, o, p, q, r,} \\ \text{с, u, i, t, v, w, x, y, z, 7, ч, м, т, б} \end{array} \right\} \quad (2.2)$$

Для создания одного из произвольных вариантов второго ключа **K2**, для шифровании однажды зашифрованного объекта **G1**, сопоставляем произвольно каждой триграмме из множества (2.1) произвольный символ из множества (2.2) и получим:

$$K2 = \left\{ \begin{array}{l} \text{чун} \rightarrow \text{й, рда} \rightarrow \text{н, з} \text{ п} \rightarrow \text{г, раф} \rightarrow \text{ш, аси} \rightarrow \text{з, *? \%} \rightarrow \text{ф,} \\ \text{\$гу} \rightarrow \text{п, \$на} \rightarrow \text{л, н * \%} \rightarrow \text{ж, гуй} \rightarrow \text{э, ану} \rightarrow \text{я, т\$а} \rightarrow \text{а,} \\ \text{тад} \rightarrow \text{b, ори} \rightarrow \text{с, \$па} \rightarrow \text{d, \$ту} \rightarrow \text{2, !\$н} \rightarrow \text{е, алр} \rightarrow \text{f,} \\ \text{фту} \rightarrow \text{g, \$ба} \rightarrow \text{h, у\$м} \rightarrow \text{j, аср} \rightarrow \text{k, ву\$} \rightarrow \text{4, \$аз} \rightarrow \text{5,} \\ \text{o\$н} \rightarrow \text{о, они} \rightarrow \text{р, а\$т} \rightarrow \text{q, !? \%} \rightarrow \text{г, у\$д} \rightarrow \text{с, иву} \rightarrow \text{u,} \\ \text{в – и} \rightarrow \text{i, на\$} \rightarrow \text{t, хас} \rightarrow \text{v, ман} \rightarrow \text{w, арф} \rightarrow \text{x, мо\$} \rightarrow \text{у,} \\ \text{хон} \rightarrow \text{z, \$ма} \rightarrow \text{7, н\$х} \rightarrow \text{ч, уам} \rightarrow \text{м, и\$м} \rightarrow \text{т, ту\$} \rightarrow \text{б} \end{array} \right\} \quad (3.2)$$

Теперь, используя второй созданный ключ (3.2), еще раз зашифруем объект **G1** и в результате получим дважды зашифрованного объекта **G2**, который имеет следующий вид:

йнгшзфплжэя
 bcd2efəghjk45
 opqrsvitv2wxa
 ysuz7чмфтлжэяб

Из дважды зашифрованного объекта **G2** видно, что оно состоит из бессмысленный текст, состоящий из последовательности символов. Для того чтобы провести процесс расшифрования, т.е. привести зашифрованный объект **G2** к однажды зашифрованный объект **G1**, используем разработанный вариант второго закрытого ключа шифрования (3.2) в обратном порядке и легко получим закрытый объект **G1**. Затем применяя ключ (3.1) для объекта **G1** возвращаемся к исходному открытому объекту **G** с учетом обозначений, заданных в множестве **MA**.

ВЫВОДЫ

1. При создании второго произвольного ключа также использовалось 42 элемента (символа), поэтому по формулам (4)-(6) общее количество вариантов первого и второго ключей равно $P(K1, K2) =$

$(n!)^2 = (42!)^2 \approx 1,99 \cdot 10^{102}$, соответственно, количество вариаций первого и второго уникальных ключей $P_1(K1, K2) \approx 0,73 \cdot 10^{102}$, а количество вариаций первого и второго неуникальных ключей $P_2(K1, K2) \approx 1,26 \cdot 10^{102}$. То есть для заданного объекта G вероятность определения произвольного варианта первого и второго общих ключей шифрования равно $V(K1, K2) \approx 1,99 \cdot 10^{-102}$, первого и второго уникальных ключей $V1(K1, K2) \approx 0,73 \cdot 10^{-102}$, а первый и второй неуникальные ключи равны $V2(K1, K2) \approx 1,26 \cdot 10^{-102}$.

2. Этот метод можно использовать для произвольных N-грамм.

3. Длина первого зашифрованного объекта G1 не меньше длины данного открытого объекта G, а длина второго зашифрованного объекта G2 примерно в три раза меньше длины данного открытого объекта G.

Рецензент: Гуломсафдаров Абдулазар Гуломназарович - к.т.н., доцент, зав. кафедрой "Программирование и компьютерная инженерия" Технологического университета Таджикистана.

Литература

1. Усманов З.Д., Косимов А.А. Частотность биграмм таджикской литературы. // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2016, т.59, № 1-2. - С. 28-32.
2. Усманов З.Д., Косимов А.А. О распознавании авторства таджикского текста. // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2016, т.59, № 3-4. - С. 114-119.
3. Гафуров М.Х. Бадалсозии объекти матнӣ бо истифодаи символҳои забон. // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. - №4 (52). – С.31-35.
4. Гафуров М.Х., Косимов А.А., Абдукарим А. Об одном способе разработки уникальных вариантов алфавита шифрования. // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. - №1 (57). – С.47-50.
5. Гафуров М.Х. Дар бораи як тарзи бадалсозии объект бо истифодаи калиди дукарата. // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. - №1 (61). – С.38-41.
6. Гафуров М.Х. Об одном способе шифрования объекта с использованием элементов языка. // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. - №2 (62). – С.22-29.
7. Гафуров М.Х., Қосимов А.А. Татбиқи биграммаҳо дар бадалсозии объект бо истифодаи калиди дукарата. // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. - №3 (63). – С.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

TJ	RU	EN
Гафуров Миршафи Ҳамитович	Гафуров Миршафи Ҳамитович	Gafurov Mirshafi Khamitovich
Номзади илмҳои техникӣ, дотсент	Кандидат технических наук, доцент	Candidate of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S.Osimi
Тел: (+992) 918 63 11 97; E-mail: mirugaf56@gmail.com		
Қосимов Абдунаби Абдурауфович	Қосимов Абдунаби Абдурауфович	Kosimov Abdunabi Abduraufovich
Номзади илмҳои техникӣ	Кандидат технических наук	Candidate of technical sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S.Osimi
Тел: (+992) 928 43 64 53; E-mail: abdunabi_kbtut@mail.ru		
Исфандиёри Саъдулло	Исфандиёри Садулло	Isfandiyori Sadullo
PhD докторанти кафедраи САИ	PhD докторант кафедры АСУ	PhD in ASM Department
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S.Osimi
Тел: (+992) 908 99 93 93; E-mail: isadullo@teleradiocom.tj		

УДК 004.048

КЛАССИФИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ХЛОПКОВОГО ПОЛЯ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Н.И. Юнусов, Р.М. Бандишоева, М.А. Бадалова

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

Традиционная технология распознавания изображений в настоящее время не может решить быструю и высокоточную работу в режиме реального времени, необходимую для распознавания раскрытия коробочки с хлопком при уборке хлопка роботом. Модели глубокого обучения в последнее время стали многообещающими инструментами для достижения этой цели. Эффективность распознавания изображений можно повысить за счет соответствующего выбора функций активации. В этой статье предлагается подход глубокого обучения для классификации изображений из биоценоза и строится новая функция активации на основе функции активации выпрямленных линейных единиц (VLE). Результаты эксперимента показывают точность классификации 94,89% в базе данных о состоянии хлопкового поля. Эксперименты с общедоступными наборами данных показывают, что предложенная модель сверточной нейронной сети с улучшенной функцией активации имеет лучшее обобщение и отличную производительность классификации.

Ключевые слова: глубокое обучение, состояние хлопчатника, функция активации, распознавание изображений, биоценоз.

ТАСНИФИ ҲОЛАТИ МАЙДОНИ ПАХТА БО ИСТИФОДА АЗ ОМУӢЗИШИ АМИҚ

Юнусов Н.И., Бандишоева Р. М., Бадалова М. А.

Технологияи оддии шинохти тасвир дар айни замон масъалаи бо зудӣ ва дақиқи баланд кушодашавии кураи пахтаро муайян карда наметавонад. Барои ба даст овардани ин мақсадҳо моделҳои омӯзиши амиқ таҳия шуда истодаанд. Фаъолияти шинохти тасвирро тавассути интихоби мувофиқи функсияҳои ғайбӣ бехтар кардан мумкин аст. Ин мақола усули омӯзиши амиқро барои тасниф кардани тасвирҳои аз биоценоз пешниҳод мекунад ва дар асоси функсияи ғайбӣ воҳидҳои ҳатти тағйирёфта (RLE) функсияи нави ғайбӣ таҳия карда шудааст. Натиҷаҳои санҷиш дар базаи ҳолати пахтазор дурустии таснифро 94,89% нишон медиҳад. Санҷишҳо дар маҷмуи додаҳо нишон медиҳанд, ки модели пешниҳодшудаи конволютсионии шабакаи нейронӣ дар ҳуҷҷаҳои самаранокии таснифот бехтарин модел ҳисобида мешавад.

Калимаҳои калидӣ: омӯзиши амиқ, ҳолати майдони пахта, функсияи ғайбӣ, таҳияи тасвир, биоценоз.

CLASSIFICATION OF ROAD SURFACE CONDITION USING DEEP LEARNING

N.I. Unusov, R. M. Bandishoeva, M. A. Badalova

Traditional image recognition technology currently cannot solve the fast and high-precision real-time operation required to recognize the opening of a cotton box when harvesting cotton by a robot. Deep learning models have recently become promising tools to achieve this goal. The efficiency of image recognition can be improved by choosing the appropriate activation functions. This article proposes a deep learning approach for classifying images from the biocenosis and builds a new activation function based on the activation function of rectified linear units (VLE). The results of the experiment show a classification accuracy of 94.89% in the database on the state of the cotton field. Experiments with publicly available datasets show that the proposed convolutional neural network model with an improved activation function has a better generalization and excellent classification performance.

Keywords: deep learning, road condition, activation function, image recognition, intelligent driving.

ВВЕДЕНИЕ

Сбор хлопка сырца достаточно трудоёмкий процесс и его преимущественно выполняют в ручную. На кафедре «Автоматизации технологических процессов и производств» есть наработки в области прогнозирования урожайности хлопчатника, управления ростом и развитием биомассы хлопчатника, разработки систем капельного орошения с применением ГИС технологий и элементов искусственного интеллекта, ведутся исследования в области применения машинного зрения, распознавания образов и элементов машинного обучения для автоматизации сбора урожая хлопчатника.

Классификация изображений играет важную роль в успехе технологий сбора урожая хлопка, а более совершенные модели классификаций могут повысить качество прогноза урожайности данного участка хлопкового поля, эффективность комплекса организационных мероприятий уборочной страды. В частности, классификацию изображений можно применять при анализе хлопковых полей хозяйства, для определения участков с большим раскрытием коробочек, участков с малым созреванием, участков с недозревшим урожаем, участков с убраным урожаем и других участков.

Хьюбел и Визель (1960-х годах) обнаружили, что уникальная структура сети может эффективно снизить сложность нейронной сети обратной связи при изучении нейронов, используемых для локальной чувствительности в коре головного мозга и предложили сверточную нейронную сеть (СНС) [1]. Многослойные нейронные сети [2] были предложены в 1980-х годах в качестве моделей обучения для задач классификации и регрессии. ЛеКун и др. применили сверточные нейронные сети [3,4] для распознавания символов и, следовательно, сократили рабочую нагрузку на ручное извлечение признаков. Крижевский и др. предложили классическую структуру сверточной нейронной сети [5,6] и совершили важные прорывы в задачах распознавания изображений. Функции активации позволяют сетевой модели глубокого обучения выполнять нелинейное моделирование [11-13]. Действительно, если глубокая сеть содержит только линейную свертку и полносвязные слои, то эта сеть может выразить

только линейное отображение и не сможет эффективно анализировать и обрабатывать нелинейные данные. После добавления функции нелинейной активации в структуру, сеть может изучить реалистичные многоуровневые нелинейные отображения.

Оптимизация функции активации выпрямленной линейной единицы (ВЛЕ) [15–17] позволяет не только значительно ускорить скорость обучения глубокой нейронной сети, но и уменьшить ошибку обучения. В этой работе мы применяем метод глубокого обучения для классификации изображений хлопковых полей на предмет их готовности к сбору урожая.

МОДЕЛИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Традиционные модели классификации изображений имеют проблемы с выбором подходящих функций и низкую надежность при практическом применении. Однако с развитием современных технологий и методов распознавания изображений большой объем данных изображений может обрабатываться с помощью модели глубокого обучения. Это приводит к сокращению времени обучения и повышению надежности при практическом применении. Модели глубокого обучения могут служить целям автоматического обучения функциям. Посредством нелинейных преобразований, выполняемых несколькими скрытыми слоями, функции «низкого уровня» могут быть преобразованы в абстрактные функции «высокого уровня». Следовательно, модели глубокого обучения можно использовать для решения сложных задач классификации. Задачу машинного сбора урожая с применением интеллектуальных технологий можно разделить на две взаимосвязанные задачи. Первая задача, классификация степени покрыва хлопкового поля, созревшим урожаем для решения задач прогноза урожайности. Вторая задача это определение позиции созревшей коробочки в пространстве на основе анализа изображения полученного от компьютерного зрения растения на грядке. В этой статье сверточная нейронная сеть (СНС) используется для решения первой задачи, классификация степени покрыва урожаем локального участка хлопкового поля. Архитектура и параметры СНС были установлены экспериментальным путем, как показано в таблице 1. Принципиальная схема предлагаемой архитектуры СНС показана на рисунке 2.

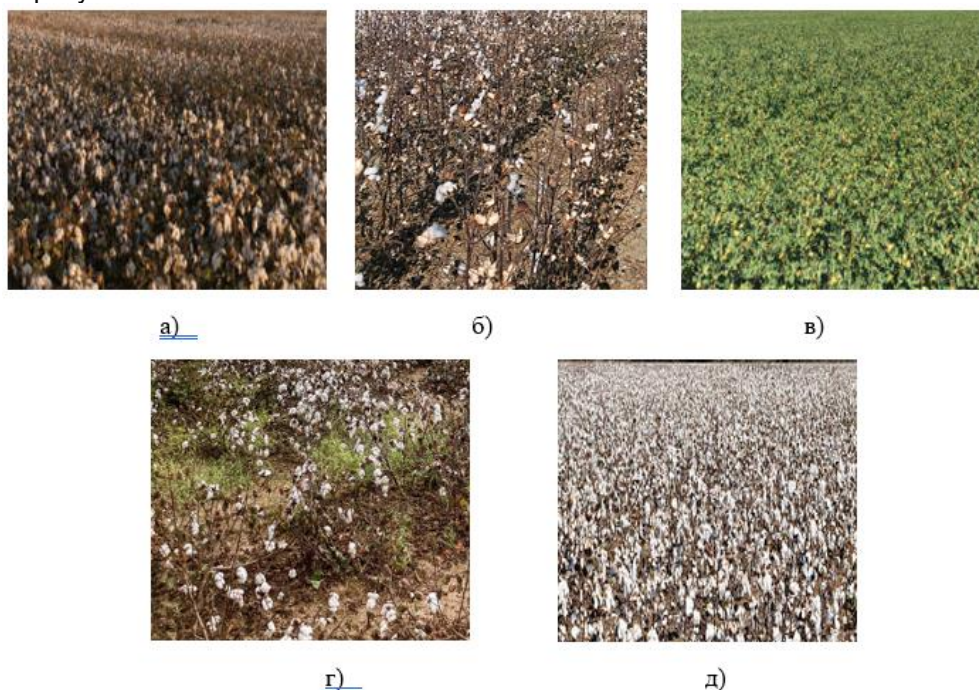


Рисунок 1 - Примеры набора хлопковых полей: (а) поле с малым созреванием, (б) урожаем убранным, (в) поле с незрелым урожаем, (г) большое созревание, (д) другие поля.

МОДИФИЦИРОВАННАЯ ФУНКЦИЯ АКТИВАЦИИ ВЛЕ

Функции активации используются в моделях глубокого обучения для решения проблемы линейной неразделимости необработанных данных и создания лучшего представления информационного содержания данных. Математическая форма функции активации ВЛЕ проста:

Таблица 1. Архитектура и параметры предлагаемой модели СНС.

Слой	Тип	Карта объектов	Шаг	Ядро свертки	Слой объединения
1	Вход	127 127 3	-	-	-
2	Свертка	32@127 64	1x 2	5 x5 x3	-
3	Нормализация	32@127 64	-	-	-

Окончание таблицы 1

4	Объединение	32@127 64	1x1	-	2x2
5	Свертка	64@127 32	1x2	3x3x32	-
6	Нормализация	64@127 32	-	-	-
7	Объединение	64@127 32	1x1	-	2x2
8	Свертка	128@127 16	1x2	11x64	-
9	Нормализация	128@127 16	-	-	-
10	Объединение	128@127 16	1x1	-	2x2
11	Полноподключенный	128@1 1	-	-	-
12	Полностью подключенный	2048@1 1	-	-	-
13	Выход	5@1 1	-	-	-

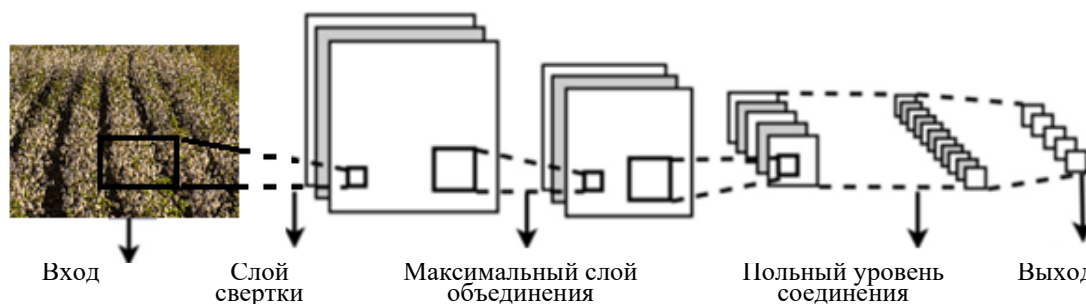


Рисунок 2 - Принципиальная схема предлагаемой модели СНС для классификации степени покрытия урожая.

$$f = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

Эта функция представлена одним пороговым значением, и, следовательно, с помощью этой функции можно достичь быстрой сходимости сети. Однако нейроны ВЛЕ могут легко потеряться в процессе обучения из-за частого изменения весов. В частности, если ко входу модуля ВЛЕ применяется большой градиент и вес изменяется так, что входное значение модуля меньше 0, а его выходное значение равно 0, модуль ВЛЕ не возобновит работу для любых последующих точек данных.

Чтобы избежать утечки данных для части отрицательной полуоси функции активации ВЛЕ, значение утечки добавляется к интервалу отрицательной полуоси функции ВЛЕ. Модифицированная функция называется функцией Утечка-ВЛЕ, которая математически определяется как:

$$f = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ \frac{x}{a}, & x < 0 \end{cases} \quad (2)$$

В уравнении (2), x представляет собой входные данные функции активации, а a — гиперпараметр утечки, который можно узнать с помощью алгоритма обратного распространения ошибки.

В статье предлагается улучшенная функция активации, которая математически определяется следующим образом:

$$f = \begin{cases} \ln(x + 1) + \alpha x, & x \geq 0 \\ \frac{\alpha x}{1 + \text{abs}(\alpha x)}, & x < 0 \end{cases} \quad (3)$$

В уравнении (3) α является переменным суперпараметром. Когда $\alpha < 0$, оба $f(x \geq 0)$ и $f(x < 0)$ имеют нулевые значения. Вид этой функции показан на рисунке 3.

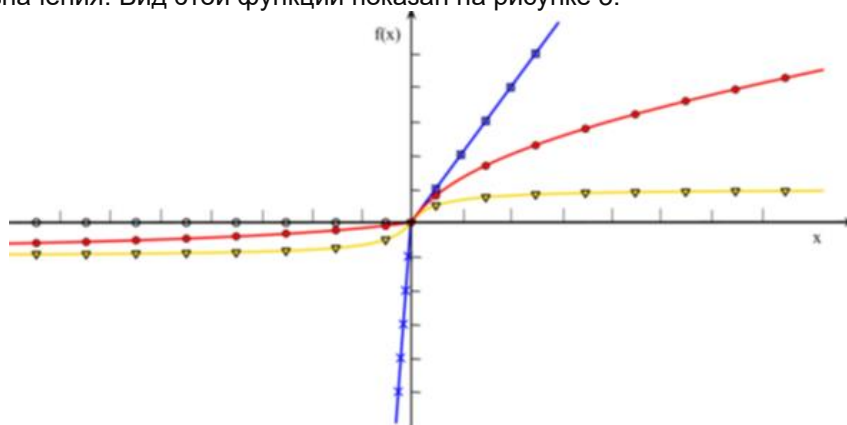


Рисунок 3 - Математические формы четырех типов активационных функций

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА И НАБОР ДАННЫХ

Эксперименты проводились с использованием операционной системы Windows 10 (x64). Программная платформа — MATLAB R2018b, работающая на рабочей станции с графическим процессором GeForce GTX 880M. Одна сеть завершает обучение примерно за 4,2 часа и классифицирует тестовое изображение примерно за 0,2 секунды.

После предварительной обработки изображений каждая категория содержит 160 обучающих изображений и 40 тестовых изображений.

Для всех экспериментов точность модели измеряется точностью теста собранного набора данных, которая определяется выражением

$$\text{точность} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m I\{\hat{y}_i = y_i\} \quad (4)$$

где \hat{y}_i — прогнозируемая категория i -й выборки, y_i — реальная категория i -й выборки, а m — количество выборок.

В практических приложениях обычно изучаются и анализируются точность и трудоемкость классификаторов изображений дорожной обстановки. Однако наша модель глубокого обучения предварительно обучена, поэтому время ее обучения не может быть полностью оценено количественно. После задания области, подлежащей идентификации, на тестовом изображении используются разные цвета для покрытия различных полей: урожай не созрел - зеленым, урожай убран - желтым, малое созревание - синим и большое созревание — красным, другие поля - белым. Эффективность классификации достаточно хорошая и может применяться при классификации реальных изображений дорожных условий.

ВЫВОДЫ

Глубокие сверточные нейронные сети обладают мощными способностями распознавания и обучения. Эти сети демонстрируют превосходную производительность при решении задач классификации и распознавания изображений. В этой статье метод глубокого обучения в сочетании с улучшенной функцией активации и графическим процессором с высокой вычислительной мощностью используется для классификации: урожай не созрел, урожай убран, малое созревание, большое созревание и другие поля. Результаты показывают, что глубокая модель, оснащенная функцией активации ВЛЕ, имеет высокую точность классификации — 94,89%. Более того, модель глубокого обучения с этой функцией активации имеет хорошее обобщение и применимость к реальным приложениям. Наши эксперименты показывают, что предложенная модель глубокого обучения, основанная на улучшенной функции активации, все еще имеет возможности для улучшения в отношении гиперпараметров и структуры. На следующем этапе наша работа будет сосредоточена на повышении точности распознавания, для качественного прогноза урожайности хлопка, дополнении набора данных о состоянии каждого отдельного растения хлопкового поля, а также улучшении структуры сети и гиперпараметров.

Рецензент: Хасанов ДЖ.Р. – к.т.н., заведующий кафедрой “Э и ИС” Технологического университета Таджикистана

ЛИТЕРАТУРА

1. Keller J.M., Liu D., Fogel D.B., Multilayer neural networks and backpropagation, in: Fundamentals of Computational Intelligence: Neural Networks, Fuzzy Systems, and Evolutionary Computation, Spring Science+Business media B.V, New York, 2017, p. 378.
2. Джалолов У.Х., Юнусов Н.И., Турсунбадалов У.А. /Концепция применения нечеткой логики в системе управления капельным орошением хлопчатника // Республиканская научно-практическая конференция «ИТ-технологии. Современное состояние и перспективы развития». Душанбе, 13-ноября 2014. стр.47-51.
3. Бандишоева Р.М. /Планирование режимов капельного орошения хлопка с использованием метода нечёткой логики/ Вестник ТТУ-№4(32) - 2015, стр.62-66
4. Джалолов У.Х., Юнусов Н.И. /Определение водопотребления для фаз развития хлопчатника с применением технологии искусственного интеллекта// Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития науки и образования» посвященной 25 – летию Независимости Республики Таджикистан и 60 - летию Таджикского Технического Университета имени академика М.С.Осими, 2016, стр.132-135.
5. Юнусов Н.И., Чалолов У.Х., Холов Ш.Ё. / Водно-энергетический баланс управления высшем растением на основе метода группового учёта аргументов// Политехнический вестник. Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции. №1 (41) 2018, стр.66-70..
6. Юнусов Н.И., Чалолов У.Х., Бадалова М.А., Холов Ш.Ё. / Разработка системы управления орошением хлопчатника на основе нечёткой логики // Конференсия байналмилали илмӣ-амалӣ “Об – омили муҳими рушди устувор” ба муносибати даҳсолаи байналмилали амал «Об барои рушди устувор» 2018-2028
7. Бандишоева Р.М. /Разработка автоматизированного модуля минерализации поливной воды хлопчатника/ Вестн. НГУ. Серия: Информационные технологии. 2018. Т. 16, № 3. С. 64–73.

8. Юнусов Н.И., Чалолов У.Х., Мирзоҳасанов М.Л. / Аппаратно-программная реализация системы управления капельным орошением хлопчатника// Политехнический вестник. Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции. №2 (42) 2018, стр. 8-11.

9. Юнусов Н.И., Джалолов У.Х., Қодиров М.С., Толибова С.Н./ Моделирование динамики процесса роста и развития хлопчатника // Материалы III научно - практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Наука – основы инновационного развития» ТТУ, Ч.1., 26-27 апрель 2018 стр. 279-383

10. Юнусов Н.И., Джалолов У.Х., Абдуллоев К.Б., Фахриддинов А.А./ Задача управления орошением хлопчатника на основе моделей динамики процесса его роста и развития // Материалы III научно - практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Наука – основы инновационного развития» ТТУ, ч.1, 26-27 апрель 2018 стр. 307-310.

11. Юнусов Н.И., Джалолов У.Х., Бадалова М.А., Абдукарими А. /Использование вегетационного индекса (ndvi) для оценки биомассы хлопчатника// Маводи конференсияи байналмиллалии илмӣ - амалии донишҷӯён, магистрон, унвонҷӯён ва олимони ҷавон «Муҳандис 2019», ч.3, стр.100 -107.

12. Бандишоева Р.М. /Автоматизация капельного орошения с применением современных компьютерных технологий (монография) // Душанбе: ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, 2020- стр.110.

13. Абдулло М.А., Джалолов У.Х., Зиёев Ш.Ш. / Прогностический контроль и управление процессом охлаждения дизельного двигателя внутреннего сгорания на основе нечеткой логики и нейросетевой модели //Политехнический Вестник: Серия Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции, № 4 (56) 2021, – Душанбе: ТТУ им. акад. М.С. Осимӣ, С.65-71.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Юнусов Низомиддин Исмоллович	Юнусов Низомиддин Исмоллович	Unusov Nizomiddin Ismoilovich
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	candidate of engineering sciences, Assistant professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С.Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
unizom@hotmail.com		
ORCID Id: 0000-0001-9036-8244		
TJ	RU	EN
Бандишоева Рисолат Мирзошоевна	Бандишоева Рисолат Мирзошоевна	Bandishoeva Risolat Mirzoshoevna
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	candidate of engineering sciences, Assistant professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С.Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
risolatbm@gmail.com		
ORCID Id: 0000-0003-3716-3260		
TJ	RU	EN
Бадалова Мамлакат Абдухайровна	Бадалова Мамлакат Абдухайровна	Badalova Mamlakat Abdukhayrovna
н.и.т., и.в. дотсент	к.т.н., и.о. доцента	candidate of engineering sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С.Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
mbadalova@gmail.com		
ORCID Id: 0000-0002-2767-3809		

УДК 005.95: 681.518

УСУЛҲОИ ТАРҲРЕЗИИ ВА БАЛОИҲАГИРИИ РАВАНДИ ИДОРАИ КОРМАНДОН ДАР МТОК

Х.А. Худойбердиев¹, Д.С. Нарзиева²

Донишкадаи политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон
ба номи академик М.С.Осимӣ дар шаҳри Хучанд¹

МДТ Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи академик Бобочон Ғафуров²

Дар мақола масъалаҳои тарҳрезии равандҳои идоракунии фаъолияти захираҳои инсонӣ ва фаъолияти самараноки кормандони муассисаи таълимии олии касбӣ (МТОК) баррасӣ карда мешаванд. Самаранокии истифодаи технологияҳои иттилоотӣ дар коркарди амсилаи компютерӣ ва балоиҳагирии низомии иттилоотӣ баҳо дода шудааст. Дар асоси натиҷаҳои таҳлил ҷараёнҳои асосӣ тасдиқ карда мешаванд. Сохтори мантиқии раванди идораи кори кормандони МТОК мувофиқи талаботи стандарти CASE - воситаҳо ва методологияи IDEF0 пешниҳод карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: амсилаҳои компютерӣ, низомии иттилоотӣ, раванди идораи кормандон, захираҳои инсонӣ, CASE-воситаҳо, методологияи IDEF0.

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ В ВУЗАХ

Х.А. Худойбердиев, Д.С. Нарзиева

В статье рассматриваются задачи моделирования процессов управления человеческими ресурсами и эффективной работы сотрудников высших профессиональных учебных заведений (ВУЗов). Оцениваются эффективность использования информационных технологий для разработки компьютерных моделей и проектирования информационной системы. На основе полученных результатов анализа определены основные процессы управления персоналом. Представлена логическая структура процесса управления сотрудниками ВУЗов в соответствии с требованиями стандарта CASE-средств и методологии IDEF0.

Ключевые слова: компьютерные модели, информационные системы, процесс управления персоналом, человеческий ресурс, CASE-средства, методология IDEF0.

PERSONNEL MANAGEMENT PROCESSES MODELING AND DESIGN METHODS IN UNIVERSITIES

Kh.A. Khudoiberdiev, D.S. Narzieva

The article discusses the problems of modeling human resource management processes and the effective work of employees of higher vocational educational institutions (HEIs). The effectiveness of using information technology for developing computer models and designing an information system is assessed. Based on the results of the analysis, the main processes of personnel management were identified. The logical structure of the management process for university employees is presented in accordance with the requirements of the CASE-tools standard and the IDEF0 methodology.

Key words: computer models, information systems, personnel management process, human resource, CASE tools, IDEF0 methodology.

МУҚАДДИМА

Яке аз масъалаҳои муҳимтарини имрӯза ин идоракунии самараноки ҳайати кормандон дар корхонаҳо ва муассисаҳо ба ҳисоб меравад. Масъалаи идоракунии ҳанӯз аз давраҳои қадим то ба имрӯз дар ҳама гуна сохторҳои иҷтимоӣ ва иқтисодӣ яке аз масъалаи мубрам ба ҳисоб меравад. Дар солҳои охир истилоҳи идоракунии ва истилоҳи менеҷмент ҳамчун калимаҳои ҳаммаъно истифода бурда мешаванд. Аммо ин мафҳумҳо дар маънои худ тафовути назаррас доранд. Мафҳуми идоракунии маънои хеле васеъ дорад, ки он фаъолияти умумии инсонро дар бар мегирад [1].

Идоракунии – ин таъсир ба иштирокчиёни раванди корӣ мебошад, ки барои беҳтар намудани хусусияти он ва ноил шудан ба натиҷаҳои назаррас нигаронида шудааст. Дар аксар вақт раванди идоракунии татбиқи пешгӯӣ, банақшагирӣ, ташкилкунӣ, ҳавасмандкунӣ, ҳамоҳангсозӣ ва назоратро дар бар мегирад. Дар умум, идоракунии ин раванди иҷроӣ вазифаҳо мебошад.

Менеҷмент – ин маҷмӯи принсипҳо, усулҳо, воситаҳо ва шаклҳои муносири идоракунии мебошад, ки барои баланд бардоштани самаранокии корхона ва ё ташкилот нигаронида шудаанд.

Дар раванди ҳалли масъалаҳои идораи самаранокии ҳайати кормандон дар Донишкадаи политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ пешравии назаррас ба даст оварда шудаанд [2, 3].

Яке аз самтҳои асосии фаъолияти корхона ва ташкилот – ин идоракунии ҳайати кормандон мебошад. Идоракунии ҳайати кормандон ва захираҳои инсонӣ ин як соҳаи фаъолияти амалӣ мебошад, ки он барои таъмин ва ташкил намудани кадрҳои баландихтисос, ки қобилияти иҷроӣ вазифаҳои меҳнатӣ доранд, нигаронида шудааст. Дар солҳои охир идоракунии ҳайати кормандон яке аз муаммоҳои актуалӣ ба ҳисоб рафта, дар ин соҳа чунин проблемаҳо ба назар мерасанд:

- норасоии кадрҳои баландихтисос;
- норасоии кадрҳои роҳбарикунанда;
- набудани интизоми корӣ;
- сатҳи пасти ҳавасмандкунии кормандон;

- сатҳи пасти иҷроиш ва масъулият.

Барои ба таври мувофиқ идора намудани ҳайати кормандон ҳар як корхона ва муассиса бояд усулҳо, воситаҳо ва низоми идоракунии худро дошта бошад. Масъалаи идоракунии самарабахши корхонаҳо дар давраи дигаргуншавии иқтисодии миллии мамлакат аҳамияти махсус пайдо мекунад.

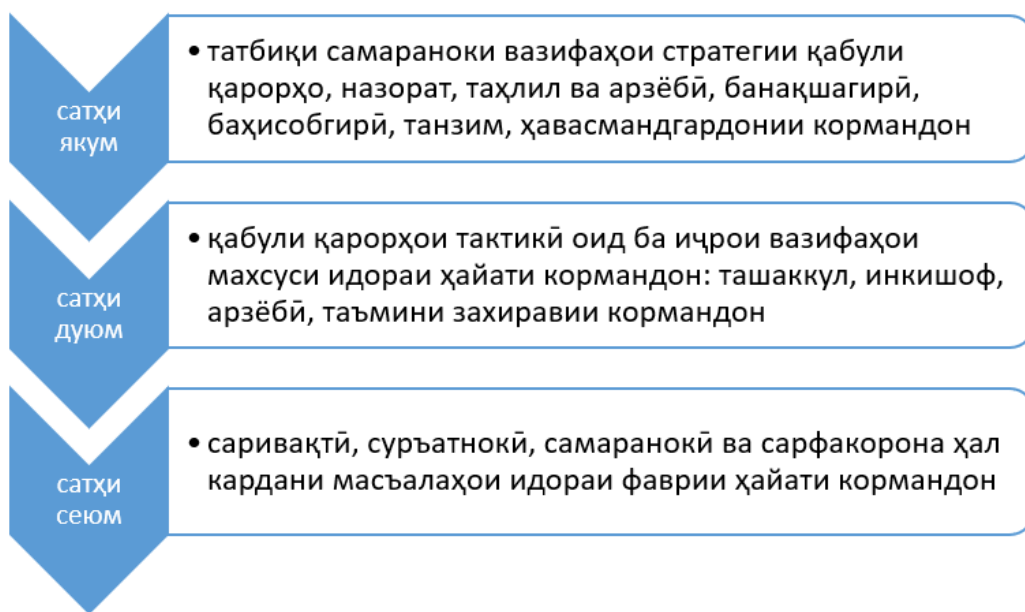
Барои баланд бардоштани самаранокии фаъолияти корхонаю муассисаҳо метавонем аз омилҳои гуногун истифода барем. Яке аз омилҳои асосӣ – ин корманд ва самаранок истифода бурдани он ба ҳисоб меравад. Дар фаъолияти корӣ бо мақсади манфиат ба даст овардан танҳо усули “низомии муносибат” назар кардан лозим меояд. Ҳамин тавр, барои баланд бардоштани самаранокӣ бояд низоми муқаммалӣ идоракунии кадрҳои ташкил карда шавад.

Мувофиқи талаботи стандарти ISO-9000 идоракунии ҳайати кормандон дар корхонаҳо аз функсияҳои махсус иборат аст [4]:

- ташаккули кормандони муассиса (аз ҷумла талабот ба ҳайати кормандон);
- рушди кормандони муассиса;
- арзёбии кормандони муассиса;
- таъмин намудани кормандон бо захираҳои лозима;
- истифодаи кормандони муассиса.

Низоми идоракунии ҳайати кормандонро ба таври методологияи “мафҳум-муносибат” бо муҳтавои дохилии идоракунии ҳайати кормандон ва равандҳои бо сохторҳои дахлдор вобаста, иборат аст. Дар амал, амсила бояд сатҳҳои стратегӣ, тактикӣ ва фаврии идораи кормандонро вобаста аз се самти вазифаҳо ҷудо карда шудаанд, дар бар гирад (расми 1):

- сатҳи аввал: татбиқи стратегияи вазифаҳои асосии идоракунии ҳайати кормандон.
- сатҳи дуюм: мушаххас намудани ҳалли вазифаҳои сатҳи якум бо татбиқи вазифаҳои махсуси идораи ҳайати кормандон.
- сатҳи сеюм: иҷрои вазифаҳои фаврий бо татбиқ намудани самараи вазифаҳои асосӣ ва махсуси идораи ҳайати кормандон.



Расми 1 – Самти вазифаҳо дар раванди идораи ҳайати кормандон

Дар баробари ин ҳамчун нишондиҳандаҳои самаранок нишондиҳандаҳои иқтисодии конкретӣ: иҷроиши саривақтаи вазифаҳои идоракунии, суръатнокӣ бо истифодаи самаранокии вақт, меҳнати пурмаҳсули кормандон ва сарфакорӣ бо ифодаи хароҷоти молиявӣ барои иҷрои вазифаҳои идораи ҳайати кормандон нисбат ба самараи иҷрои супоришот ба назар гирифта мешаванд.

Дар асоси модели пешниҳодшуда унсурҳои сохтории низоми идоракунии ҳайати кормандонро дар МТОК сохтан имконпазир аст. Амсила инчунин барои амалӣ гардонидани тарҳрезии ташкил ва таъмини иттилоотии низоми идоракунии ҳайати кормандон дар МТОК-ро имкон медиҳад.

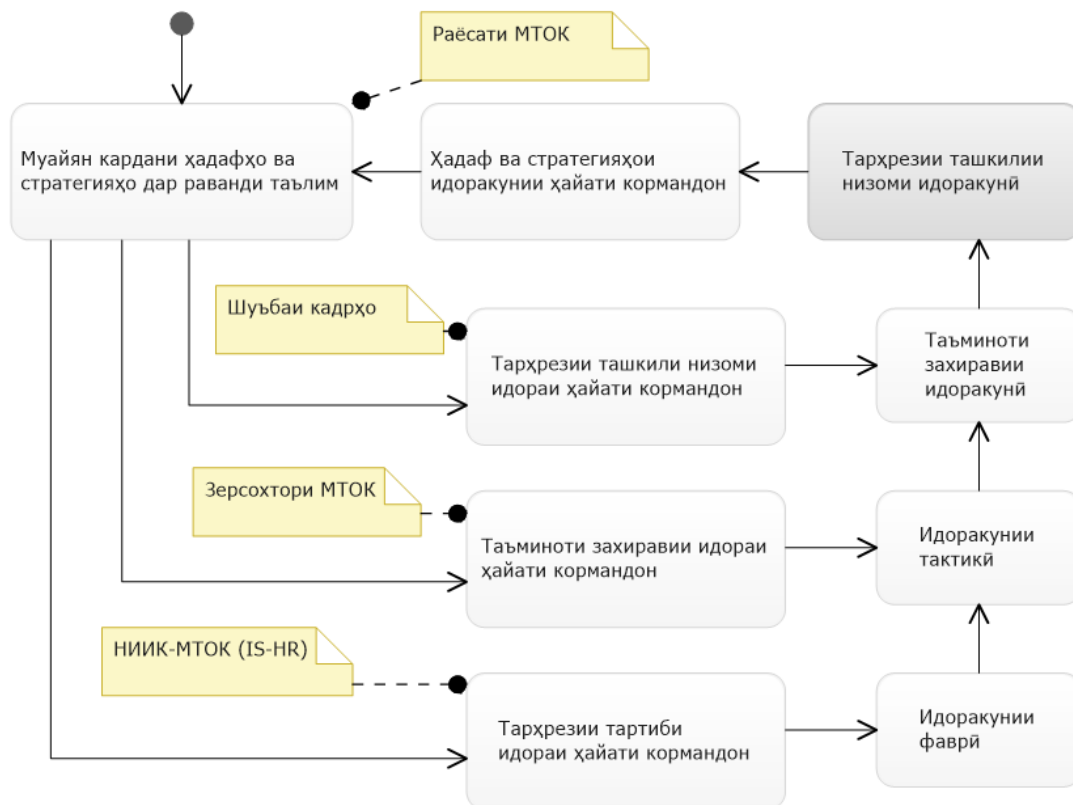
Тақмили низоми идоракунии ҳайати кормандон дар муассиса мувофиқи методологияи ISO бояд чунин ҷанбаҳоро, аз қабилӣ ҳуҷҷатгузории идоракунии ҳайати кормандон, таъминоти захиравии идоракунии ҳайати кормандон, методологияи идоракунии ҳайати кормандон ва ғайраро дарбар мегирад. Ҳамин тариқ, амсилаи дар расми 2 барои фаъолият ва рушди низоми идоракунии ҳайати кормандон дар МТОК пешниҳод дорад.

Қадами якум. Муайян кардани ҳадафҳо ва стратегияҳо дар раванди таълим аз тарафи раёсати МТОК. Дар фаъолияти низоми идоракунии ҳайати кормандон роҳбарияти муассиса мавқеи асосиро дорост, ки принципи асосии самаранокии фаъолияти муассисаҳо муайян мекунад.

Қадами дуюм. Тарҳрезии ташкили низоми идораи ҳайати кормандон аз тарафи шуъбаи кадрҳои МТОК барои амалӣ гардондани стратегияҳои умумии рушди муассиса равона карда мешавад.

Қадами сеюм. Мутубиқати ташкилии низоми идоракунии ҳайати кормандон ва низоми иттилоотии идоракунии муассиса мебошад. Ташаққули сохтори мантиқии низоми идоракунии ҳайати кормандон аз ҳаҷми кор ва доираи фаъолияти муассиса вобастагӣ дорад. Масъалаи ташаққули мукаммал тавассути истифода аз захираҳои инсонӣ, ташкилоти машваратӣ ва аудит бо истифода аз хизматрасонии ташкилоти илмӣ-таҳқиқотии минтақа ҳаллу фасл кардан мумкин аст [5-6].

Дар ҳолати таъсис додани марказҳои махсуси мутамарказонидашуда дар ҳалли масъалаҳои тарҳрезӣ, балоихагирӣ ва коркарди низоми иттилоотӣ дар самти рушди нерӯи кормандон кӯмак мерасонад.



Расми 2 – Амсилаи бизнес-раванди идоракунии кормандон дар МТОК

Қадами чорум. Тарҳрезии ташкил ва амалӣ кардани низоми ҳуҷҷатнигориро дар бар мегирад, ки аз тарафи зерсохторҳои МТОК ба роҳ монда мешавад.

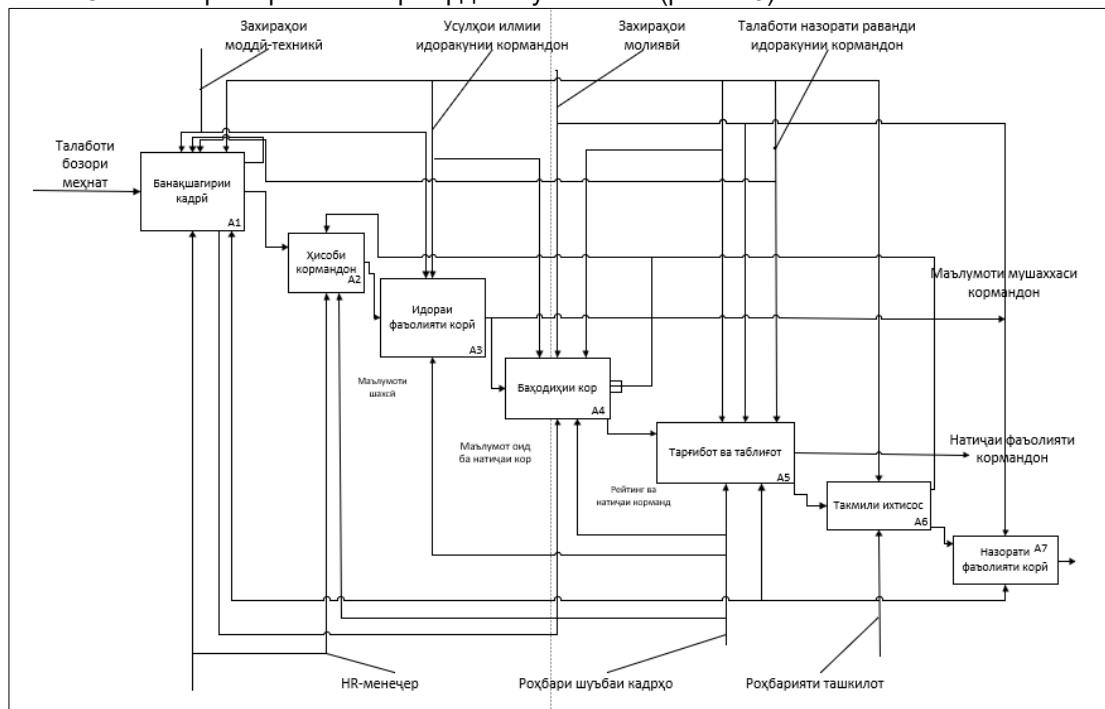
Қадами панҷум. Таъминоти захиравии низоми идоракунии ҳайати кормандон бо мувофиқа бо захираҳои имконпазири МТОК: таъминоти кадрӣ, таъминоти моддӣ-техникӣ, таъминоти молиявӣ, таъминоти методологӣ, таъминоти илмӣ ва таъминоти барномавиро дар бар мегирад. Дар ин ҳолати тамоми воситаҳои таъминоти захиравӣ бояд ба талабот ва шароити фаъолияти муассиса мувофиқат карда, бояд барои қабули қарорҳо оид ба рушд, арзёбӣ ва таҳлили кормандони муассиса равона карда мешаванд. Баҳодихӣ нисбат ба тахассуси кормандони шуъбаҳо, ки вазифаҳои идоракунии кормандонро иҷро мекунанд, ҳулосаи муайян мегузорад.

Қадами шашум. Мувофиқат намудани тактикаи идоракунии ҳайати кормандон ба ҳадафҳое, ки барои татбиқ дар нақшаҳои солони рушди МТОК дар нақша гирифта шудаанд. Дар ин ҳолат соҳаи идоракунии ҳайати кормандон бо маҷмӯи тадбирҳо мустаҳкам карда мешаванд.

Қадами ҳафтум. Мувофиқати низоми идоракунии фаврии ҳайати кормандон ба низоми идоракунии фаврии муассиса ба ҳисоб меравад. Барои ин дар МТОК низоми мониторинги ҳолати низоми идоракунии ҳайати кормандонро таҳия ва истифода бурдан лозим меояд.

Барои ҳар як равандҳои низоми иттилоотӣ воситаи асосии баланд бардоштани сифат чунин шуда метавонад: ҳислатҳои шахсии корманд; самарани иҷрои супориш аз тарафи корманд; сифати идораи кормандон [7].

Мувофиқи талаботи стандарти CASE - воситаҳо тарҳрезии равандҳои корӣ дар асоси методологияи IDEF0 ва таҳлили қисмҳои низоми иттилоотӣ, сохтори мантиқии раванди идораи корӣ қорамандони МТОК ба таври зерин тавсиф кардан мумкин аст (расми 3).



Расми 3 – Диаграммаи IDEF0 барои раванди идоракунии ҳайати қорамандон дар МТОК

Дар асоси амсилаи таҳияшуда сохтори иттилоотии низоми иттилоотӣ бояд ба талаботи зерин ҷавобгӯ бошад:

1. Қорӣ намудани талаботи салоҳияти касбӣ, яъне тақмили ихтисос, таҳсилоти касбӣ, гирифтани шаҳодатномаҳо ва иҷозатномаҳои махсус барои баланд бардоштани сатҳи таҳассусии қорамандон.
2. Тартиб додани нақшаи умумии тайёр кардан ва бозомӯзии гурӯҳи қорамандони раёсати МТОК тавассути банақшагирии тайёри ва тақмили ихтисоси кадрҳо.
3. Воситаҳои арзёбии самаранокии қор ва иҷрои вазифаҳои функционалии қорамандон.
4. Ҷамъоварӣ ва баҳодиҳии саривақтаи маълумот дар бораи натиҷаҳои фаъолияти меҳнатии қорамандон бо ифодаи саҳми онҳо дар ноил шудан ба ҳадафҳо ва стратегияи МТОК.
5. Баҳисобгирии омори ва таҳлили натиҷаи шахсии ҳар як қораманд бо имкониятҳои воситаҳои компютерӣ ва нигоҳдории доимии онҳо дар намуди бархат.
6. Қоркарди низоми иттилоотии ягонаи идораи қорамандон дар МТОК барои баланд бардоштани сифати касбии онҳо, иштирок дар қабули саривақтаи қарорҳо, муайян кардани ҳадафҳо, вазифаҳои инфиродӣ ҳар як қораманд ва зерсохторҳои МТОК.

Ҳамин тариқ, дар асоси таҳлилҳои ба даст оварда, дар нақшаи оянда қисмҳои ҷудонашавандаи сохтори мантиқии иттилоотии низоми идораи қорамандон дар МТОК таҳия карда мешаванд. Имкониятҳои банақшагирии вазифаҳо; назорати қори зерсохторҳо; қабули саривақтаи қарорҳо; баҳисобгирии омори натиҷаи қор; таҳлил, баҳодиҳӣ ва ба танзим даровардани ҳавасмандгардонии қорамандон дар низоми иттилоотии қоркардашаванда дар нақша гирифта мешаванд.

ХУЛОСА

Амсилаи пешниҳодшуда муҳтавои дохилии низоми идоракунии ҳайати қорамандонро дар МТОК ошкор мекунад. Илова бар ин, шароити устувори фаъолияти "низоми иттилоотии идораи қорамандон"-ро барои ноил шудан ба сатҳи самарабахши сифати қори МТОК муайян менамояд. Тадқиқоти гузаронидашуда банақшагирии қоркарди қисмҳои низоми иттилоотии МТОК ва роҳҳои татбиқи воситаҳои рақамӣ барои идораи ҳайати қорамандонро ифода менамояд. Қоркарди низоми иттилоотӣ ва хизматрасонӣ, ки дар ҳамаи соҳаи ҷамъият рушд меёбад, дар ҳама намуди фаъолияти муассисҳои барои ҳалли масъалаи гузариш ба технологияҳои автоматикунонидашуда ва воситаҳои рақамии идоракунии захираҳои инсонӣ имкониятҳои самаранок пешниҳод менамояд.

Муқаррир: Шарипов А.Қ. – н.и.ф.-м., дотсенти қабедраи "Математикаи олӣ ва технологияҳои инноватсионӣ" -и Донишқадаи иқтисод ва савдои Донишгоҳи давлатии тижорати Тоҷикистон

АДАБИЁТ

1. Фармоиши вазири маориф ва илми Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 4 феввали соли 2021 №163, ш. Душанбе дар бораи "Дастурамали вазифавии ҳайати роҳбарикунанда ва омӯзгории муассисаи таҳсилоти олии касбии Ҷумҳурии

Тоҷикистон. <https://www.maorif.tj/storage/Dokument's/a1e899ca3b718fb4eab6f39d2d5a02ae.pdf> (санаи мурочиат 10.08.2023)

2. Максудов Х.Т., Солиев П.А. Информационная система управления вуза: разработка модели оптимизации распределения нагрузки преподавателей / Х.Т. Максудов, П.А. Солиев // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2019. – № 6(24). – С. 66-71. – EDN ZZREWY.

3. Максудов А.Т. Внедрение элементов электронного правительства в политехническом институте. // Первая международная конференция «Прикладные информационные системы: проблемы моделирования, применения в развивающихся странах». Худжанд. 2012 г.

4. Максимьяк И. Н. Применение методологии IDEF0 для создания функциональной модели управления образовательной деятельностью высшего учебного заведения // Прикладная математика и вопросы управления. – 2020. – №. 2. – С. 125-143.

5. Соловьёв Д. П., Матвеева К. А. Система управления персоналом по стандарту ISO 9000 // Научный журнал. – 2018. – №. 4 (27). – С. 61-63.

6. Цуканова О. А. Методология и инструментарий моделирования бизнес-процессов: учебное пособие – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 100 с.

7. Чемисов С. Б. Применение методологии IDEF0 с целью моделирования бизнес-процессов на предприятии // Проблемы современной экономики. – 2009. – №. 4. – С. 446-449.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ - INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Худойбердиев Хуршед Атохонович	Худойбердиев Хуршед Атохонович	Khudoyberdiev Khurshed Atokhonovich
Дотсенти кафедраи «БВАНИ»	Доцент кафедры “ПиИС”	Associate Professor of the Department of "P and IS "
Донишкадаи политехникии ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ дар шаҳри Хучанд	Политехнический институт ТТУ имени академика М.С.Осими в городе Худжанде	Khujand Polytechnic institute of TTU named after academician M.S.Osimi
tajlingvo@gmail.com		
TJ	RU	EN
Нарзиева Дилфуза Сайдалиевна	Нарзиева Дилфуза Сайдалиевна	Narzieva Dilfuza Saydalievna
Унвонҷӯи дараҷаи илмӣ	Соискатель ученой степени	Academic degree applicant
МДТ Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи академик Бобочон Гафуров	ГООУ Худжандский государственный университет имени академика Бободжона Гафурова	SEI Khujand State University named after academician Bobojon Gafurov
narzieva.dilfuza@inbox.ru		

ИҚТИСОД ВА ИДОРАКУНИИ ҲОҶАГИИ ХАЛҚ - ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ - ECONOMICS AND MANAGEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY

УДК.338.339

СОСТОЯНИЕ МИРОВОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА: ПУТЬ СТРАН К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ

А.Н. Ашурзода, Н.Х. Бердиева

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Рассмотрено современное состояние мирового промышленного производства и выделены ключевые вызовы, с которыми сталкиваются страны в данной сфере. Проанализированы технологические тенденции, экономические факторы и политические динамики, влияющие на развитие промышленности в XXI веке. Также подчеркивается необходимость стратегического подхода и инноваций для преодоления современных вызовов и достижения устойчивого роста в промышленной сфере.

Ключевые слова: промышленность, цифровизация, производство, цифровая экономика, мировая промышленность.

ВАЗЪИЯТИ ИСТЕҲСОЛИИ САНОАТИ ҶАҶОН: РОҶИ МАМЛАКАТҶО БА СУИ ТАРАККИЁТИ УСТУВОР

А.Н. Ашурзода, Н.Х. Бердиева

Ин мақола вазъи кунунии истеҳсолоти саноати ҷаҳониро баррасӣ намуда, мушкилоти асосиро, ки кишварҳо дар ин соҳа рӯбарӯ ҳастанд, нишон медиҳад. Тамоюлҳои технологӣ, омилҳои иқтисодӣ ва динамикаи сиёсиро, ки ба рушди саноат дар асри 21 таъсир мерасонанд, таҳлил карда шудаанд. Ҳамчунин ба зарурати равиши стратегӣ ва навоарӣ барои рафти ҷолишҳои муосир ва ноил шудан ба рушди устувор дар баҳши саноат таъкид карда шудааст.

Калидвожаҳо: саноат, рақамсозӣ, истеҳсолот, иқтисодиёти рақамӣ, саноати ҷаҳонӣ.

STATE OF WORLD INDUSTRIAL PRODUCTION: COUNTRIES' PATH TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT

A.N. Ashurzoda, N.H. Berdieva

This article examines the current state of global industrial production and highlights the key challenges that countries face in this area. She analyzes the technological trends, economic factors and political dynamics influencing industrial development in the 21st century. It also emphasizes the need for a strategic approach and innovation to overcome modern challenges and achieve sustainable growth in the industrial sector.

Key words: industry, digitalization, production, digital economy, global industry.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленное производство занимает ключевую позицию на мировой экономической арене, играя решающую роль в формировании глобального экономического ландшафта. Это явление не только является движущей силой экономического роста, но также оказывает значительное воздействие на торговлю, инновации и занятость.

Для тех стран мира, которые амбициозно позиционируют себя в мировой экономической системе промышленное производство является одним из основных ключевых факторов эффективности экономики, так как оно выполняет функции страны и удовлетворяет потребности общества.

Промышленность имеет значительное влияние на мировую экономику, поскольку в данной сфере занято более 1 миллиарда человек, что составляет значительную часть глобальной рабочей силы при общей численности населения Земли, составляющей 8 миллиарда человек. В то время как в сельском хозяйстве занято 1,4 миллиарда человек, что составляет 18% от общей численности рабочей силы. Также стоит упомянуть о мультипликативном эффекте промышленного производства, который заключается в сложных взаимосвязях, которые могут оказывать воздействие на промышленность, сельское хозяйство и сферу услуг. Этот эффект проявляется через взаимодействие и влияние различных секторов экономики друг на друга, создавая цепную реакцию и усиливая воздействие промышленного производства на общий экономический контекст.

Важным элементом в мировой экономике является постоянное стремление к инновациям в промышленном производстве. Технологические передовики стремятся создать более эффективные и экологически устойчивые методы производства, что не только повышает их конкурентоспособность, но также вносит вклад в общий технологический прогресс. В области промышленного производства необходимо выделить три основных направления (см. рисунок 1), и стоит отметить, что динамика их долей в общем объеме стремительно изменяется в процентном соотношении к друг другу.

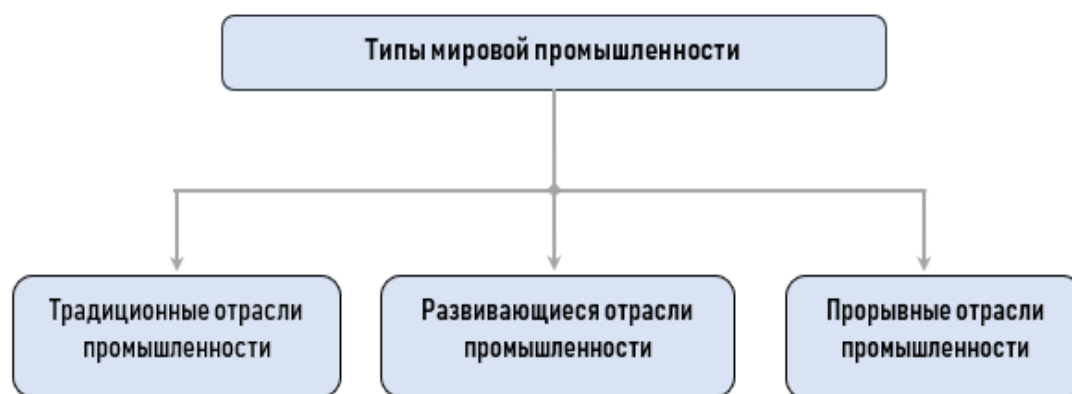


Рисунок 1 – Типы мировой промышленности

Следует отнести добывающую промышленность к традиционному сектору, так как она, обеспечивает хозяйствующие субъекты необходимыми ресурсами. Те отрасли, которые взаимосвязаны с роботостроением, вычислительной техникой, электроникой, применением инноваций, разработкой искусственного интеллекта отнесем к прорывным, и к развивающейся отрасли отнесем легкую и тяжелую промышленность, машиностроение, химическую промышленность, машиностроение, и др.

Те отрасли, которые отнесены к категории прорывных, можно предположить, что в ближайшей перспективе будут играть ведущую роль в трансформации всех экономических процессов, направленных на цифровизацию, автоматизацию и оптимизацию. Следовательно, экономика промышленности, подобно периоду XVIII-XIX в., будет способствовать развитию и главенствованию определенных стран в мировой экономике.

Цифровая экономика, которая ориентирована на знаниях, поддается влиянию различных факторов, включая политические, социальные, экономические и демографические аспекты. Понимание воздействия этих факторов помогает разрабатывать более устойчивые и успешные стратегии цифровизации, учитывая контекст и особенности конкретного общества или экономики. Ниже представлена таблица (см. таблицу 1), в которой проведен анализ состояния мировой промышленности, и оценивается объем промышленного производства.

Таблица 1 – Объем промышленного производства 2022 г.

	Страна/экономика	Объем промышленного производства, млн \$	Доля в мировом производстве, %	Доля в ВВП, %	Объем промышленной продукции, млн \$
-	Весь мир	38 340 000	100	30,0	13 171 000
1	Китай	9400050	28,4	40,5	4002752
2	США	3722590	10,39	19,1	2173319
3	Индия	2179020	6,93	27,0	408693
4	Россия	1301184	3,61	32,4	203988
5	Япония	1638343	3,53	30,1	1007330
6	Германия	1289093	3,24	40,9	832431
7	Саудовская Аравия	784550	2,29	63,6	100232
8	Великобритания	590850	1,48	20,2	251985
9	Турция	706078	1,25	32,3	146077
10	Казахстан	102135	0,0026	34,5	101088
11	Узбекистан	313489	0,0081	31,0	45189
12	Киргизия	4500	0,00011	22,0	4685
3	Таджикистан	4843	0,00012	35,1	1739

Источник: [1]

Исходя из данных таблицы можно сделать вывод, что в 2022 году пятью лидерами по объему промышленного производства является Китай, США, Индия, Россия и Япония. Различия в долях промышленности в ВВП также указывают на разнообразие структур экономик в этих странах. Казахстан, Узбекистан, Киргизия и Таджикистан имеют небольшие доли в мировом производстве, но доли промышленности в ВВП относительно высокие в сравнении с некоторыми другими странами.

Если анализировать динамику промышленности, то можно заметить, что объем промышленного производства увеличился практически в четыре раза учитывая с начала 2000-х годов до 2022 года, а в сумме с 9 740 млрд. долл. до 38 340 млрд долл. (см. рисунок 2). Данная тенденция обусловлена тем, что

многие страны внедрили цифровизацию в свою систему производства, также произошел технологический прогресс, и увеличилось число населения, а это соответственно привело к высокому спросу и потреблению на разнообразные товары.

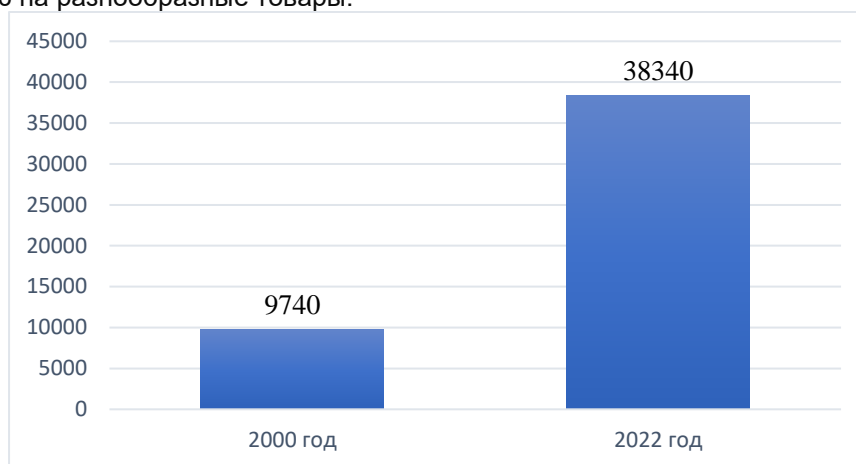


Рисунок 2 – Мировое промышленное производство в 2000 и 2022 гг. в млрд. долл.

Объем промышленного производства Китая в 2022 году превышал объем промышленной продукции всех стран мира в 2000 годах. В наши дни экономическая мощь Китая почти в 2,5 раза превышает экономику США, которые занимают второе место в мировом рейтинге (см. рисунок 3).

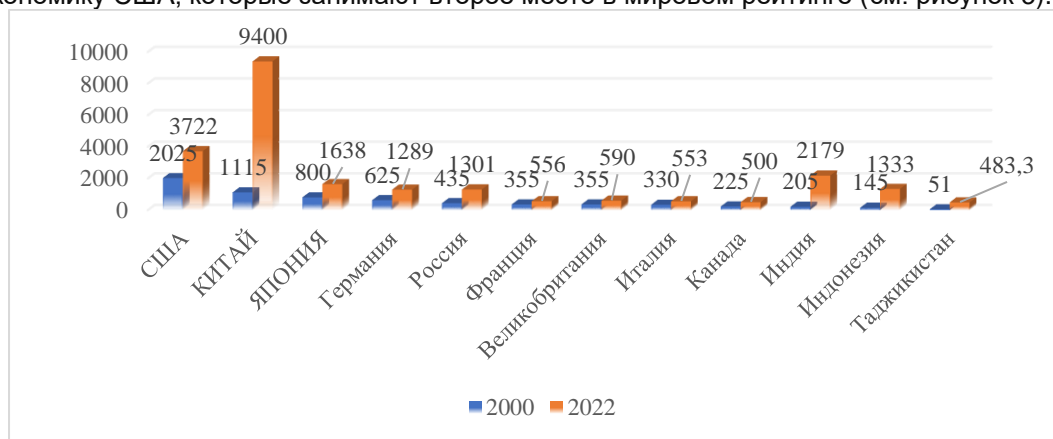


Рисунок 3 – Промышленность по странам мира в 2000 и в 2022 гг. в млрд. \$ [1,2].

Крупнейшие страны мира значительно нарастили свое промышленное производство за последние два десятилетия. Так, США увеличили объем промышленного производства почти в 1,8 раз, Япония в 2 раза, Германия в 2 раза и Россия в 3 раза. Например, Индия также впечатляюще увеличила свой промышленный потенциал в 10,5 раз, и теперь она находится среди тройки лидеров по объему промышленного производства, и также стоит отметить Индонезию, которая по сравнению с 2000 годом, увеличила объем промышленности в 9 раз. Здесь необходимо понять какие факторы поспособствовали такому значительному расширению промышленного производства. Согласно агентству по статистике Республики Таджикистан в мае 2023 года уровень промышленного производства увеличился на 9 %, по сравнению с предыдущим годом того же месяца, когда максимальный показатель уровня достигал 22,6 %, а минимальный показатель -16,1 % [5].

С начала XIX века и по сегодняшний день население Земли продолжает расти, однако темпы прироста снизились по сравнению с предыдущими десятилетиями. Рост населения может оказать разнообразное воздействие на промышленность и экономику, и влияние зависит от множества факторов, таких как уровень экономического развития страны, структура ее экономики, доступность образования и здравоохранения, а также политические решения. В странах с высокими темпами роста населения может возникнуть большая рабочая сила. Если экономика способна предоставить достаточное количество рабочих мест, это может способствовать экономическому росту. Однако, если рабочих мест недостаточно, это может привести к проблемам безработицы и низким зарплатам. Растущее население может стать большим рынком для потребительских товаров и услуг. Это может создать новые возможности для различных секторов промышленности, таких как розничная торговля, производство товаров народного потребления и услуг.

Подготовим таблицу, в которой будет отражаться производство промышленности на душу населения в промышленно развитых и развивающихся странах (по объему производства) и лидеров по ВВП на душу населения (см. таблицу 2).

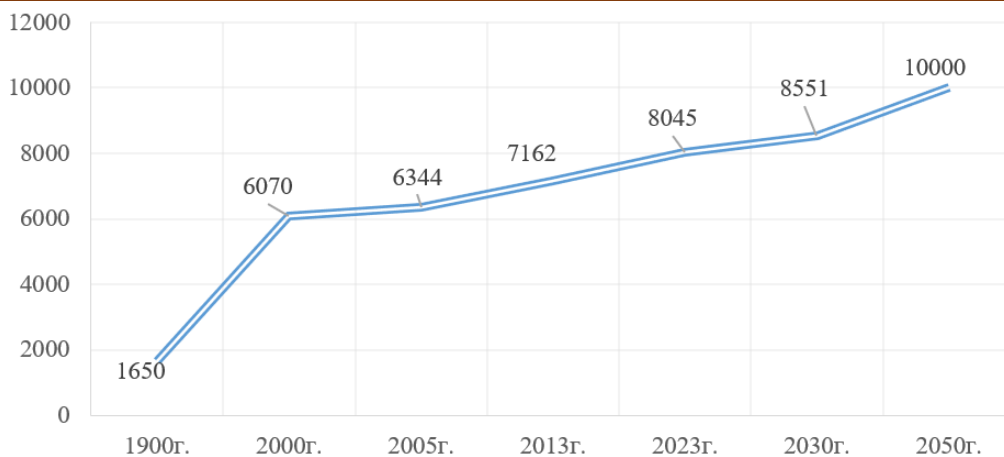


Рисунок 4 – Динамика увеличения населения земли [5].

Таблица 2 – Объём промышленного производства и население

Страна	Промышленное производство млн долл.	Население млн чел.	Промышленное производство на душу населения долл./чел
Китай	9 400050	1,411	6683,77
США	3 722590	333,2	11284,00
Индия	2 179020	1,417	1579,92
Япония	1 638343	125,7	13033,75
Индонезия	1 332500	282,6	4884,53
Россия	1 301184	146,7	8869,69
Германия	1 289093	84,3	15512,55
Катар	170 000	3,278	61107,12
Казахстан	102135	19	5375,52
Узбекистан	313489	34,92	8977,34
Киргизия	4500	6,69	672,64
Таджикистан	4843	9,9	489,19

Источник: рассчитано авторами на основании [4;6];

Итак, можно сказать, что промышленность сохраняет свою ведущую роль в стимулировании экономического прогресса в XXI веке, что объясняется ее историческим влиянием на социально-экономическую сферу общества. Объемы производства продукции промышленного назначения в Таджикистане составило около \$49 на душу населения. Объем промышленного производства составило 484,3 млн долл. Численность населения РТ составляет около 9,9 млн человек, исходя из этого было рассчитано, что на душу населения приходится 540 сомони промышленной продукции.

Рассматривая Таджикистан и его промышленность согласно его статистике в основном экспортируются алюминий, цемент, руда и концентраты, драгоценные металлы, текстильные изделия. Так, Таджикистан за первую половину 2023 года произвел 2,1 млн тонн цемента и более 538 тыс. тонн из них экспортировал в другие страны [6]. Практически все из данных товаров поступают за рубеж как сырье, не подвергаясь глубокой переработке. Товары продаются в большинстве случаев после первичной переработки для дальнейшей переработки в странах, которые импортируют таджикское сырье.

Таджикистан также производит алюминий, в основном через ТАЛКО (TALCO) - крупное алюминиевое предприятие. Производство первичного алюминия в Таджикистане в 2022 году составило 62 тысячи тонн, что на 2,5 больше по сравнению с показателем 2021 года [6]. Однако страна сталкивается с ограниченными собственными ресурсами бокситов, и ей приходится импортировать сырье для производства алюминия.

Также Таджикистан занимается сельским хозяйством, но сталкивается с ограниченными площадями обрабатываемых земель и водными ресурсами, что ограничивает производство сельскохозяйственных продуктов. Таким образом, объемы транспортировки сельскохозяйственной продукции за первую половину 2023 года составили около 380 тыс. тонн. Такой показатель на 170 тыс. тонн меньше, чем за аналогичный период 2022-го года [6]. Инвестиции в сельское хозяйство и повышение продовольственной безопасности могут снизить зависимость от импорта продуктов питания.

Таджикистан в последнее время привлекает иностранные инвестиции, особенно в энергетический сектор, сельское хозяйство и инфраструктуру. Правительство реализует реформы,

направленные на улучшение инвестиционного климата, включая упрощение бюрократических процедур и лицензирования. За последние два десятилетия в Таджикистан поступило более 150 млрд. сомони иностранных инвестиций, включая 59 млрд. сомони прямых инвестиций. Стоит отметить, что в сферу промышленности страны было привлечено свыше 35 млрд. сомони прямых иностранных инвестиций [8]. В 2021 году примерно 22,2% всех иностранных инвестиций, поступивших в Таджикистан, были направлены в промышленность [8]. Однако стоит отметить, что расходы из государственного бюджета на промышленность и строительство в 2021 году оценивались всего в 0,2% от общего ВВП, что существенно меньше, чем с 0,9% от ВВП в 2015 году [8]. Таджикистану необходимо улучшить свою производственную базу и достичь успеха в развитии промышленности, что, в свою очередь, содействует экономическому росту и увеличению благосостояния населения.

Современные технологии играют ключевую роль в преобразовании мира и в развитии промышленности. Промышленность активно внедряет цифровые технологии, такие как интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ) и аналитика данных для оптимизации производственных процессов, улучшения эффективности и снижения затрат.

Следует отметить, что пандемия COVID-19 существенно повлияла на промышленность, вызвав сбои в поставках, прерывания в производстве и изменения в спросе. Некоторые отрасли столкнулись с вызовами, в то время как другие адаптировались к новым реалиям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении следует отметить, что промышленное производство продолжает оставаться ключевым сегментом мировой экономики. Развитие этой отрасли и поддержка ее участников играют важную роль в обеспечении стабильности и эффективности экономических систем.

Рецензент: Исайнов Х.Р. – д.э.н., профессор, декан факультета “ЭУ” ТТНУ

ЛИТЕРАТУРА

1. Источник URL: <https://strategy24.ru/rf/news/reying-stran-mira-po-obemu-promyshlennogo-proizvodstva>
2. Инновационное развитие экономических систем в условиях цифровизации. Монография / Под научной редакцией доктора экономических наук Веселовского М.Я. и кандидата экономических наук Хорошавиной Н.С. – М.: Мир науки, 2021. – Сетевое издание. Режим доступа: <https://izd-mn.com/PDF/07MNNPM21.pdf> – Загл. с экрана.
3. Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан URL <https://www.stat.tj>
4. The World Bank. URL: <http://databank.worldbank.org/>
5. Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан URL: <https://www.stat.tj/ru/demograficheskaya-statistika>
6. Источник URL: <https://tass.ru/ekonomika/15248863>
7. Министерство промышленности и новых технологий Республики Таджикистан URL: <https://industry.tj> -
8. Мукимова Н.Р. Необходимость инновационной ориентации стратегического развития промышленности регионов Республики Таджикистан // Политехнический Вестник. Серия: интеллект, инновации, инвестиции - № 2 (62). Душанбе: ТТУ им. акад. М.С. Осими – 2023 – С. 37-46, ISSN 2520-2235
9. Источник URL: <https://take-profit.org/statistics/industrial-production/tajikistan/>

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

TJ	RU	EN
Ашурзода Ашур Нурулло номзади илмҳои иқтисодӣ, дотсенти кафедраи менеджменти истеҳсоли	Ашурзода Ашур Нурулло кандидат экономических наук, доцент кафедры «Производственный менеджмент»	Ashurzoda Ashur Nurullo Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Production Management
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S.Osimi
E-mail: aashurzoda1968gmail.com		
TJ	RU	EN
Бердиева Ниссо Хасановна Доктор PhD, ассистенти кафедраи иқтисодиёт ва идоракуни дар истеҳсолот	Бердиева Ниссо Хасановна Докторант PhD, ассистент кафедры «Экономика и управление производством»	Berdieva Nisso Hasanovna PhD student, assistant at the Department of Economics and Production Management
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S.Osimi
E-mail: nisso98@mail.ru		

ТАҲЛИЛИ ИСТЕҲСОЛ ВА ҲОЛАТИ ВОРИДОТУ СОДИРОТИ МАСНУОТИ ЗАРГАРӢ ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

З.М. Шеров¹, Т.Д. Низамова²

¹Донишкадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон

²Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Дар мақола таҳлилҳо, оид ба содирот ва воридоти маснуоти заргарӣ, ки тӯли се солро дар бар мегирад маълумотҳои мушаххас оварда шуда, таҳлили ҳамагуна ҷавоҳироте, ки аз метали нодир тилло ва нуқра сохташуда, ба намуди ҷадвалҳо нишон дода шудааст. Маълумот дар бораи корхонаҳои саноати истеҳсоли металлҳои нодир ва захираи онҳо, инчунин, дигар самтҳои, ки доир ба истеҳсол ва муомилоти маснуоти заргарӣ сурат мегирад, мавриди таҳлил қарор гирифтааст. Арзёбии муосири маълумоти кушоди иштирокчиёни муомилоти металлҳои қиматбаҳо, сангҳои қиматбаҳо ва маснуоти заргарие, ки аз онҳо сохташуда, гузаронида шудааст, ки имкон дод, то зарурати такмил ва танзими системаҳои интегралӣ иттилоотӣ ба содирот нигаронидашуда ва маснуотҳои воридотивазкунанда мебошанд. Рушди иқтисодӣ дар ҷаҳони муосир, бидуни рақамсозӣ ғайримمкон аст. Вазифаҳо ва самтҳои истифодаи самараноки захираҳои стратегӣ давлат асоснок карда шудаанд. Муаллиф номгуӣ мому захираҳои аз ҷиҳати стратегӣ муҳимро, ки бо маҳсулоти аз металлҳои қиматбаҳо, сангҳо, марворидҳои табиӣ сохташуда пура карда шудаанд, баррасӣ менамояд. Масъалаҳои мушкили иттиқоли металлҳои қиматбаҳо ва сангҳои қиматбаҳо дар доираи Иттиқоди иқтисодии давлатҳои хориҷа муайян шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: маснуоти заргарӣ, раёсати гумрукӣ, содирот, воридот, металлҳои нодир, сангҳои қиматбаҳо, ҷавоҳирот, истеҳсоли ватанӣ, тилло, нуқра, истихроҷи тилло, захира, конҳои истихроҷ, нозироти иёрғирӣ

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА И СИТУАЦИИ ПО ИМПОРТУ И ЭКСПОРТУ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН

З.М. Шеров, Т.Д. Низамова

Проведен анализ экспорта и импорта ювелирных изделий, который охватывает все три года, на основе конкретных данных, а анализ любых ювелирных изделий из редких металлов, золота и серебра показан в виде таблиц. Проанализированы сведения о промышленных предприятиях, производящих редкие металлы и их запасы, а также других направлениях, связанных с производством и реализацией ювелирной продукции. Проведена современная оценка открытых данных участников сделок с драгоценными металлами, драгоценными камнями и ювелирными изделиями из них, что позволило усовершенствовать и упорядочить интегрированные информационные системы экспортоориентированной и импортообменной продукции. Экономическое развитие в современном мире невозможно без цифровизации. Обоснованы задачи и направления эффективного использования стратегических ресурсов государства. Авторы рассматривают перечень стратегически важных товаров и ресурсов, дополненный изделиями из драгоценных металлов, камней, природного жемчуга. Выявлены проблемы перевозки драгоценных металлов и драгоценных камней в рамках Экономического союза зарубежных стран.

Ключевые слова: ювелирные изделия, таможенное управление, экспорт, импорт, редкие металлы, драгоценные камни, ювелирные изделия, отечественное производство, золото, серебро, добыча золота, резерв, добыча, госпробнадзор

ANALYSIS OF PRODUCTION AND SITUATION ON IMPORT AND EXPORT OF JEWELRY IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Z. M. Sherov, T.D. Nizamova

In this article, the analysis of exports and imports of jewelry, which covers all three years, is given on specific data, and the analysis of any jewelry made from rare metals, gold and silver is shown in tables. Analyzed information about industrial enterprises producing rare metals and their reserves, as well as other areas related to the production and sale of jewelry. A modern assessment of the open data of participants in transactions with precious metals, precious stones and jewelry made from them was carried out, which made it possible to improve and streamline the integrated information systems of export-oriented and import-exchange products. Economic development in the modern world is impossible without digitalization. The tasks and directions of effective use of the state's strategic resources are substantiated. The author examines the list of strategically important goods and resources, supplemented by products made of precious metals, stones, natural pearls. The problems of transportation of precious metals and precious stones within the framework of the Economic Union of Foreign Countries are revealed.

Keywords: jewelry, customs administration, export, import, rare metals, precious stones, jewelry, domestic production, gold, silver, gold mining, reserve, state inspection

Захираи конҳои тилло ва нуқраи Тоҷикистон асосан аз тарафи корхонаҳои муштарак сармоягузори Ҷумҳурии халқии Чин истихроҷ ва коркард карда мешавад. Иҷозатнома барои истихроҷ аз тарафи Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон пас аз корҳои иқтисодӣ, дар сурати иштирок қардан дар маъракаи музоядавӣ ба ширкати ватанӣ ё хориҷӣ дода мешавад. Айни ҳол саҳми давлатии Тоҷикистон дар истихроҷи конҳои канданиҳои фойданоки кишвар ва махсусан конҳои металлҳои қиматбаҳо – тилло ва нуқра аз 50% камтар буда, аксари ҳол 10-30%-ро ташкил медиҳад.

Стратегияи миллии рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030 дар асоси муқаррароти Конституцияи Ҷумҳурии Тоҷикистон, Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон “Дар бораи дурномаи давлатӣ, концепсияҳо, стратегияҳо ва барномаҳои рушди иқтисодии Ҷумҳурии Тоҷикистон” ва мутабиқи ҳадафҳои дарозмуҳлат ва афзалиятҳои рушди кишвар, ки дар паёмҳои Асосгузори сулҳу

Ваҳдати миллӣ, Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон ба Маҷлиси Олии Ҷумҳурии Тоҷикистон солҳои 2014 ва 2015 баён шудаанд, таҳия гардидааст [1].

Сармояи табиӣ низ асоси рушди индустриалӣ ва инноватсионии кишварро ташкил медиҳад. Иқтисодии азими гидроэнергетикӣ, оби тоза, замин ва иқлими мусоид, олами наботот, захираҳои назарраси меҳнатӣ, захираҳои бойи минералӣ ва истихроҷи канданиҳои фойданок барои инкишофи истеҳсолоти ба содирот нигаронидашуда ва воридотивазкунанда, бунёди бахшҳои муосири саноати истихроҷ ва коркард, металлургияи сиёҳ ва ранга, комплекси агросаноатии аз ҷиҳати экологӣ тоза имкониятхоро фароҳам меоваранд. Мероси бойи таърихӣ фарҳангии Тоҷикистон, табиати нодир он бо кӯлҳо, ҳайвоноти растаниҳои нодир, инчунин кӯҳҳои баланд, шароити муҳим барои рушди соҳаи сайёҳӣ ва афзоиши ҳиссаи соҳаи мазкур дар ММД-и кишвар маҳсуб меёбад. Рушди минбаъдаи иқтисодии гидроэнергетикӣ ва амалисозии лоиҳаҳои минтақавии нақлиётӣ коммуникатсионӣ ба Тоҷикистон имконияти табиӣ ба кишвари пешсафи минтақа дар истеҳсол ва интиқоли нерӯи барқӣ арзон ва аз ҷиҳати экологӣ тоза, вусъатдиҳии имкониятҳои транзитии кишвар фароҳам меоварад. Ин дар навбати худ имкон медиҳад, ки саҳми арзандаи кишвар дар рушди устувори кишварҳои тараққиёбандаи Ҷануб ва Ҷанубу Шарқии минтақаи Осиё, аз ҷумла кишварҳои Осиёи Марказӣ, инчунин дар фаъолсозии ҳамкорӣ дар доираи минтақаи кишварҳои Ҷануб гузашта шавад [1 с 5-7].

Тибқи лоиҳаи нави аз тарафи Саридораи геологияи назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон тасдиқгардида, минбаъд мардуми оддӣ низ метавонанд дар қорҳои заршӯй иштирок намоянд, ки дар маҷмӯъ ҳаҷми истихроҷи тиллоро дар кишвар ба маротиб боло хоҳад бурд. Барои пешбурди ин нави фаъолият захираҳои дарёҳои Зарафшон, Панҷ, Кофарниҳон, Мурғоб, Бартанг ва амсоли он кофӣ унвон мешаванд. Айни ҳол ғайриқонунӣ як нафар метавонад аз дарёи Зарафшон дар як рӯз то 5 грамм тилло истихроҷ намояд. Мавзехое, ки захираҳои потенциалии тиллоро дар Тоҷикистон фаро гирифта метавонанд, асосан қорҳои асил ва пошхӯрда мебошанд ва ҳамаи онҳо дар минтақаҳои баландкӯҳ ҷойгир шудаанд [2].

Тасдиқи дурустии ҳаҷми истихроҷи тилло бо дарназардошти маҳфӣ будани ин маълумот дар Ҷумҳурии Тоҷикистон номумкин боқӣ мемонад, ки барои ҳисоб ва таҳқиқи мавзӯ камтар таъсир мерасонад. Аммо мо аз сарчашмаҳои беруна ва ғайридавлатӣ маълумоти нисбие дарёфт карда тавонистем, ки нисбатан ҳаҷми истихроҷ ё фуруши ин нави металлро дар кишвари мо аён мекунад.

Ҳамин тариқ, соли 2021 ҳаҷми истихроҷи тилло дар кишвар ҳудуди 10 тоннаро ташкил додааст. Тибқи иттилои то давраи эълон намудани махфияти ҳаҷми истихроҷи тилло аз тарафи Вазорати саноат ва технологияҳои нави Ҷумҳурии Тоҷикистон ин рақам ба 8 тонна баробар буд. Тибқи иттилои соли 2020 ҳаҷми истихроҷ ба 5,5 тона баробар будааст. Сол то сол аз як то ду тонна ҳаҷми истихроҷи тилло афзун гардида истодааст, ки то соли 2030 ин рақам ба 17-20 тонна баробар хоҳад шуд [3].

Тибқи лоиҳаи нави қорҳои истихроҷӣ дар маҷмӯъ ҳаҷми истихроҷи тилло дар кишвар ба маротиб боло хоҳад рафт. Барои пешбурди ин нави фаъолият захираҳои дарёҳои Зарафшон, Панҷ, Кофарниҳон, Мурғоб, Бартанг ва амсоли он кофӣ унвон мешаванд. Айни ҳол ғайриқонунӣ як нафар метавонад аз дарёи Зарафшон дар як рӯз то 5 грамм тилло истихроҷ намояд. Мавзехое, ки захираҳои потенциалии тиллоро дар Тоҷикистон фаро гирифта метавонанд, асосан қорҳои асил ва пошхӯрда мебошанд ва ҳамаи онҳо дар минтақаҳои баландкӯҳ ҷойгир шудаанд. Ба ин мисол шуда метавонад, ҳамаи қорҳои тиллоӣ қаторкӯҳҳои Зарафшон, Ҳисору Олой, Қурама, Помир ва амсоли онҳо.

Ҳамзамон ҷиҳати раванқ додани соҳа ва ба қор даровардани иқтисодҳои нави истеҳсолӣ, ташкили ҷойҳои нави қорӣ ва истеҳсоли маҳсулоти содиротӣ, дар нӯҳ моҳи соли 2019 сохтмони иншоотҳои нави истеҳсолӣ аз тарафи ҶДММ “ТВЕА Душанбе саноати кӯҳӣ” барои истеҳсоли тилло дар заминаи қорҳои Кумарғи болои ноҳияи Айнии вилояти Суғд ташкил карда шудааст.

Президенти кишвар муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон дар барномадашон (23.12.2022сол), қайд намуданд, ки бо мақсади афзоиш додани истеҳсол ва содироти маҳсулоти саноатӣ, қорҳои саноатии истеҳсоли сангу металлҳои нодир бо истифода аз ашёи хоми маҳаллӣ, соли 2023 ба қор андохта шавад [4]. Вазорати саноат ва технологияҳои нави ва Агентии содирот вазифадор карда шуданд, ки яққо бо Саридораи геология ва қорҳои соҳа дар ояндаи наздик истихроҷ намудан ва то маҳсулоти ниҳонӣ сохтмон коркард кардани сангҳои ороишӣ ва содироти онҳоро ба хориҷи кишвар ба роҳ монанд. Ҳамасола дар Ҷумҳурии Тоҷикистон истеҳсоли маснуоти заргарӣ рушд карда истодааст ва новобаста аз истеҳсолоти ватанӣ, маснуотҳои заргарии истеҳсоли хориҷа низ бо мурури замон зиёд гардида истодааст.

Дар ҷумҳурии Тоҷикистон ҳамасола содирот ва воридоти маснуоти заргарӣ бо маром идома дорад ва аз тарафи Раёсати гурӯҳии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба қайд гирифта мешавад.

Чадвали №1 - Ҳолати воридот ва содироти маснуоти заргарӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2019-2021

№	Номгӯи маснуот	2019		2020		2021		Бо % 2021 нисбат 2019	
		Содирот	Воридот	Содирот	Воридот	Содирот	Воридот	Содирот	Воридот
		Арзиш бо долл. Америкой							
1.	Маснуотҳои заргарие, ки аз нуқра ва инчунин омехтаи дигар металлҳои қиматнок сохта шудаанд	-	689 976	222	1073496	7 260	648 042	100	93,62
2.	Маснуотҳои заргарие, ки аз металлҳои қиматнок сохта шуда, ки бо дигар металлҳои нодир рӯйпӯш (лак) карда шудааст	1 910	3 612984	-	2726693	41 464	1597085	217,70	44,20
3.	Ҷавоҳироти аз металлҳои тилло омодашудаи дастисоз, ки қисми онро металлҳои нуқра ташкил медиҳад ва бо дигар металлҳои нодир рӯйпӯш шудааст	-	149 616	-	49448	-	13 213	-	8,83
4.	Ҷавоҳироти аз металлҳои тилло ва нуқра сохта шуда, ки қисмашро дигар металлҳои нодир ташкил медиҳад.	-	43 618	-	10134	-	2 426	-	5,56
5.	Ҷавоҳироти аз металлҳои тилло ва нуқра сохта шуда, ки қисмашро металлҳои нимқиматбаҳо ташкил медиҳад	-	84 957	-	18302	-	10 871	-	12,79
6.	Маснуотҳои заргарие, ки аз сангҳои қиматбаҳо сохта шудаанд	1 300	-	2020	-	1 572	2 703	120,92	100
7.	Тиллои тозаи дар ҳолати нимкоркардшуда	98035272	4 390	1466802	183	1792125	-	1,82	0,00
8.	Нуқраи нимкоркардшудаи дараҷаи 999 аз 1000грамм	1161813	-	5126	-	-	-	0,00	-

Манбаъ: Раёсати ғумрукии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон

Тибқи маълумоти дар чадвали №1 оварда шуда, содироти тилло, нуқра ва ҷавоҳирот нисбати воридот ба маротиб кам ва дар аксари бандҳо ба сифр баробар аст. Аз ин ҷо ҳамчунин иттилоъ пайдо кардан мумкин аст, ки аз кишвар атрофи 2,5 тн тиллоӣ аз ҳолати сеҳи афинажӣ, яъне холискорӣ гузаштаре содирот намудаанд, ки нисбати воридоти хеле зиёд аст. Ҷамчунин нуқра содирот гардидааст, ки дар банди воридоти ашёи чизеро сабт накардааст ва ба ин минвол аз 2 тн. зиёдро ташкил медиҳад [5].

Нишондиҳандаҳои асъории содирот ҳарчанд дар соли 2019 зиёд бошанд, ҳам аммо онҳо ба истеҳсол ва содироти маснуоти заргарӣ рабт надошта, ба фурӯши ашёи хом дар мисоли тилло ва нуқра рост меоянд, ки атрофи 99млн доллари амрикоиро ташкил медиҳанд. Захираҳои тасдиқгардидаи кони тиллоӣ Зарафшон дар давлати ҳамсоҷакишвар-Узбекистон чандсад ҳазор тоннаро ташкил медиҳад, ки ба ҳисоби миёна таркиби тиллодори маъдан на кам аз 6,0-7,0г/тоннаро ташкил медиҳад [6].

Аммо дар тафовут аз содирот қариб 99% маблағҳои сарф шуда ба воридсозии ҷавоҳирот рост меоянд, ки онҳо 4,5 млн доллари амрикоиро ташкил медиҳанд. Аз ин ҷо хулоса кардан мумкин аст, ки тибқи ин омори расмӣ воридоти ғумрукӣ соли 2019 дар бозорҳои кишвар атрофи 10 млн доллари амрикоӣ маснуоти заргарӣ муомилот доштааст, ки нишондиҳандаи хуб аст. Ҷамчунин боиси қайд аст, ки воридоти ғайриқонунӣ, ҳамчунин, кам, ки ба декларатсиякунонии ғумрукӣ дохил намешаванд дар ин ҳисоб нестанд ва онҳо низ арзиши камеро ташкил намедиҳанд.

Қариб 500кг маснуоти заргарӣ дар соли 2019 ворид гардидааст, ки ҳаҷми калонро ташкил медиҳад. Ҷамчунин аз нишондоди соли 2019 мо маснуоти заргарӣ бе металлҳо ва сангҳои гаронбаҳо – бижутерияҳоро берун кардем, ки он низ пайваста ворид мегардад ва мо дар чадвали мазкур дар бораи талаботи ҷавоҳироти навъи бижутерӣ низ маълумот додаем [7].

Аммо барои ҷавоби нисбатан дуруст додан ба ин савол ва ба ин ҳолати баамаломата ба бандҳои 7-9-и чадвал муроҷиат мекунем ва дар он ҷо нисбати чадвали 1 як чизи наvero мушоҳида мекунем, ки он ҳам бошад, ба воридоти тилло ва нуқра ба намуди ашёи хом ва тангаҳои тиллоӣ рабт дорад. Ҷамин тариқа соли 2020 -7,9 т ва соли 2021 – 22,6т тилло ва нуқра ворид гардидаанд, ки 99% ба металлӣ навъи

тилло рост меояд. Аз инчо гумон кардан мумкин аст, ки бо ин ҳаҷм дар дохили кишвар истеҳсолот ба роҳ монда шуда, ҳаҷми воридот то дараҷае кам карда шудааст.

Нишондиҳандаҳои соли 2018 бо вучуди инъикоси пастшавии ҳаҷми маснуоти заргарӣ, инчунин содироти ҷавохиротро агарчӣ кам ҳам бошад дар атрофи 5кг ба арзиши бештар аз 47 ҳазор доллари амрикоӣ нишон медиҳанд, ки то дараҷае тахминҳои болоиро дар хусуси воридоти ками ҷавохирот, вале зиёди ашёи хом исбот мекунад.

Ҳамчунин соли 2021 ҳолати фурӯш ё худ содироти сангҳои гаронбаҳо амсоли ёкут ва зумурад ба қайд гирифта шудаанд, ки атрофи як кг-ро дар бар мегиранд, аммо инчо нархи нишон дода шуда, ба воқеият мувофиқ намеояд, зеро нархи як грамм ёкут ё зумурад аз 300 доллари амрикоӣ оғоз меёбанд. Инчо низ қайд кардан ба маврид аст, ки натавонистани баҳодиҳии воқеии арзиши сангҳои гаронбаҳо, маснуоти заргарӣ ва амсоли он ба кам пардохт гардидани бочи давлатӣ оварда мерасонад.

Аммо барои симоҳаи якуми соли 2022 маълумоти омории рӯи даст омад, ки тибқи он содироти сангҳои гаронбаҳо 95% кам шуда, 199 ҳазор долларро ташкил намудааст, масъалан бо тафовут бо ҳамин давраи соли гузашта кишвари мо дар ҳаҷми 42,9 миллион доллари амрикоӣ сангҳои гаронбаҳо ва ороишӣ содирот намуда будааст. Воридоти металлҳои гаронбаҳо ва маснуоти заргарӣ бошад, дар ин давраи ҳисоботӣ 769 ҳазор доллари нишон додаанд, ки бо тафовут бо ҳамин давраи соли 2021 58,4%-ро ташкил додааст, ки худ гувоҳи беш аз 50% кам гардидани бозори истеҳсолии маснуоти заргарӣ дар Тоҷикистон мебошад.

Тоҷикистон мисли дигар кишварҳо бояд бочи воридоти барои тилло бекор кунад, то ҳаҷми воридоти ин навъи металлӣ асосӣ барои рушди соҳа зурур зиёд гардад. Дар ин ҳолат, маҳсулоте, ки истеҳсол мегардад, аз лизоҳи нарх ва ороиш каму беш дар бозор рақобатпазир хоҳад шуд. Садироти бештари маснуоти заргарӣ ва сангҳои гаронбаҳою ороишӣ ба рушди иқтисодии кишвар ва соҳа мусоидат намуда, аз лиҳози дигар намунаи ҷавохироти ватаниро дар бозори ҷаҳонӣ ҳарчӣ бештар муаррифӣ хоҳад намуд [8]. Аз рӯи фарҳанг, мо метавонем, ки ба Афғонистон, Ўзбекистон, Қирғизистон, Қазоқистон, Арабистон, Покистон, Ҳиндустон, Эрон, Яман, Дубай ва дигар давлатҳо намунаи истеҳсоли маснуоти заргарии миллии худро содирот намоем.

Бояд қайд намуд, ки ба хотири рушди соҳаи заргарӣ чанд кӯшишҳои Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон рӯи кор омадааст, ки натиҷа додаанд. Масъалан, чиҳати иҷрои банди 8-и протоколи маҷлиси Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон, аз 29 апрели соли 2016, бо мақсади роҳ надодан ба қочоқи маснуоти заргарӣ, кам кардани андозии пардохтҳои гумрукӣ ба он, пешгирии ҳолатҳои коррупсионӣ фаъолияти ғайриқонунии соҳибкорӣ, ба он, поймол кардани ҳуқуқи истеъмолкунандагон, чалби бештари маблағҳо ба Бучети давлатӣ ба Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон “Дар бораи Бучети давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон барои соли 2016” илова пешниҳод карда шуд, ки аз ҷониби намояндагони мардумӣ дар парламент кишвар яқдилона овоз ва қабул карда шуд, ки тибқи он ба таври санҷишӣ дар давоми як сол ба ивази андоз аз арзиши иловашуда, аксиз ва бочи гумрукӣ ҳангоми воридоти маснуоти заргарӣ пардохти махсуси гумрукӣ ба андозаи барои 1 грамм маснуоти заргарӣ аз металлӣ тилло 18 сомонӣ ва аз як грамм маснуоти заргарӣ бо нуқра 3.06 сомонӣ муқаррар гардид. То пешниҳоди ин таъғйирот барои ворид кардани 1 грамм маснуоти заргарӣ аз тилло 77,61 сомонӣ ба мутаносибан барои нуқра 13,23 сомонӣ пардохтҳо супорида мешуданд, ки як навъе пойбанде дар рушди соҳа ба ҳисоб мерафт [9].

Ҳамчунин, ба Вазорати саноат ва технологияҳои нав супориш дода шуд, ки якҷо бо вазорату идораҳо, мақомоти иҷроияи маҳаллии ҳокимияти давлатӣ ва дар ҳамкорӣ бо соҳибкору сармоягузoron чиҳати бунёди корхонаҳои саноати коркард, аз ҷумла дар шаҳри Душанбе аз оғози соли 2023 марҳала ба марҳала сохта, ба истифода додани 4 корхонаи то истеҳсоли маҳсулоти ниҳой коркард кардани металлҳои қиматбаҳо тадбирҳои зарурӣ андешанд.

Бо дарназардошти имкониятҳои зикршуда, пурра ба роҳ мондани истихроҷ ва коркарди онҳо, аз ҷумла сангҳои ороишӣ метавонад яке аз манбаъҳои афзоиши ҳаҷми истеҳсоли маҳсулоти саноатӣ, таъсиси ҷойҳои кории нав, зиёд намудани содироти маҳсулот ва дар маҷмӯъ, таъминкунандаи рушди иқтисоди кишвар гардад. Бозор дар навбати худ чиҳати фароҳам овардани ва қонеъ гардонидани талаботи мизоч хизмат хоҳад намуд [10].

Ба Ҳукумати мамлакат супориш дода шуд, ки ба масъалаи истихроҷу коркарди металлҳои ранга аз конҳои муайяншуда, аз ҷумла сурма, литий, волфрам, никел ва дигар металлҳо аҳаммияти хосса дода, барномаи азхудкунӣ ва дар дохили мамлакат то маҳсулоти ниҳой коркард намудани онҳоро таҳия ва амалӣ созад. Ҳамчунин мавриди қайд аст, ки дар ҳудуди вилояти Суғд, хусусан шаҳрҳои Хучанд, Бӯстон, Гулистон, Истравшан, Исфара ва Конибодом намояндагиҳои брендҳои миллий – “Тоҷи заррин”, “Тоҷиккристал” ва “Ақиқа” таъсис ёфтаанд, ки дар фурушгоҳҳои алоҳида ба савдо ва муомилоти металлҳои гаронбаҳо ва маснуоти заргарӣ машғул ҳастанд.

Воридоти ҷавохирот ва маснуоти заргарӣ. Дар асоси маълумоти Нозироти иёргии давлатии назди Вазорати молияи Ҷумҳурии Тоҷикистон ва намояндагии он дар вилояти Суғд таҳлили вазъи кунунии воридоти ҷавохирот аз хориҷи кишвар, истеҳсоли он дар дохил, таснифи иёрҳо ва ҳаҷми умумии гардиши мол дар бозорҳои минтақа гузаронида шуд.

Тибқи маълумот оид ба воридоти ҷавохирот ба вилояти Суғд ва истеҳсоли он дар дохили кишвар таносуби воридот ва истеҳсол аз ҳам фарқи назаррас дорад, ки баёнгари қоҳиши самти истеҳсоли ҷавохироти ватанӣ мебошад.

Ҷадвали 2 – Ҳисоб ва омили воридот ва истеҳсоли ҷавохирот, ки дар вилояти Суғд, аз тарафи Нозироти иёргирӣ ба қайд гирифта шудааст.

Сол	Аз хориҷи кишвар воридгардида			Истеҳсоли ватанӣ		
	Шумора (адад)	Вазни умумӣ	Вазни миёнаи 1 адад	Шумора (адад)	Вазни умумӣ	Вазни миёнаи 1 адад
2012	15307	45921	3	7653	38267	5
2013	22801	91204	4	11400	57002	5
2014	25112	75336	3	12556	62780	5
2015	11225	25817	2,3	5612	28062	5
2016	10987	32961	3	5493	27467	5
2017	8334	16668	2	4167	20835	5
2018	9541	19082	2	4770	23852	5
2019	10122	21256	2,1	5061	25305	5
2020	10245	22541	2,2	5122	25612	5
2021	11417	29729	2,6	5708	28542	5
2022	21946	92450	4,2	10973	54865	5

Манбаъ: Нозироти иёргирӣ вилояти Суғд

Аз таҳлили ҷадвали №2 чунин бармеояд, ки солҳои 2012, 2013 ва 2014, ки ба давраи то бӯҳронӣ рост меоянд, сатҳи баланди воридоти ҷавохирот аз хориҷи кишвар мушоҳида мешавад. Вазни миёнаи ҳар як аз маснуоти заргарӣ ба фуруш рафта низ 2 ва 4 граммро ташкил мекунад, ки аз тарафи дигар қобилияти харидории аҳолиро нисбати ин навъи мол ифода мекунад. Ин нишондиҳанда дар давраи солҳои 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 ва ҳатто 2019 як навъи қоҳиш ва муътадилияти нисбиро соҳиб гардад [9]. Танҳо соли 2022 воридоти ҷавохирот нисбат ба соли 2020 як баробар зиёд гаштааст. Вазни умумии маснуоти заргарӣ дар ин муддат беш аз 3 баробар афзудааст. Ҳамчунин боиси қайд аст, ки агар соли 2016 ба ҳисоби миёна вазни ҳар як ҷавохирот 2.6 грамм бошад, соли 2022 ба 4.2 грамм расидааст. Ин нишондиҳанда аз тарафи дигар афзоиши талаботи аҳолиро ба ҷавохироти калонҳаҷму вазнинтар ифода мекунад, ки мутаносибан нархашон ҳам баландтар аст. Нозироти иёргирӣ, иёри ҷавохироти аз хориҷа воридгардидаи мазкурро 583, 585, 750, 900 ва 916 муқаррар кардааст, ки аз сифати хуби онҳо шаҳодат медиҳанд.

Соҳти иктисодиёти ҳар як мамлакат дар асоси шароити табиӣ-иқлимӣ ва географӣ ташаккул ва инкишоф меёбад. Ин шароит дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки ҳудуди он аз релефи кӯҳӣ ва масоҳати ночизи заминҳои обёришаванда иборат аст. Зарурати дар оянда ба кишвари саноатӣ кишоварзӣ ва дорои ҳиссаи зиёди маҳсулоти саноатӣ табдил додани Тоҷикистонро дар ММД-и мамлакат саноати маъдан ва металлургия тақозо мекунад [11].

Хулоса

Бо таъя бо ин омилҳо, бозори ҷавохирот дар Тоҷикистон нисбатан пурра омӯхта шуд, ки ҳудудҳои вилояти Суғд, шаҳру ноҳия ва марказҳои асосии ташаккули тичорат, саноат ва ҳунармандии кишварро дар бар гирифт. Масъалаҳои таъмини ашёи бо дар назардошти конҳои канданиҳои фоиданок ва манбаҳои воридотӣ таҳқиқ гардиданд. Масъалаҳои воридоту содирот, андозбандӣ, қочоқ, истеҳсол, бӯҳрони молиявӣ, нарх, талабот, мавсим, рақобат, муомилот, соҳибкорӣ, ва амсоли он дар масъалаи заминавии рушди бозори ҷавохирот дар ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон бо маром идома дорад. Баҳодиҳии маснуоти заргарӣ, сангҳои гаронбаҳо ё ҷавохироти гуногун яке аз масъалаҳои калидӣ мебошад. Яъне дар ягон ниҳоди сарҳадӣ, гумрукӣ, ва дигар гузаргоҳӣ таҷҳизот, мутахассис ё лаборатория баҳодиҳӣ фаъл нест, ки ҷавохирот ва ё дигар намуди маснуоти заргарӣ ё сангҳои гаронбаҳоро мунсифона баҳо диҳад, то саркашӣ, пинҳонкорӣ ва ё кампардохтии боҷи давлатӣ пешгирӣ карда шавад. Мо дар хусуси таъсиси чунин лабораторияҳои баҳодиҳии маснуоти заргарӣ ва омӯзонидани ниҳоди гумруки кишвар ба ҳадамоти гумруки назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон муроҷиат ва таклиф пешниҳод карда будем. Яъне тавассути сарҳад, ҳолатҳои кам баҳо додан, баҳо надодан ва ё умуман ба намуди ҷавохирот нишон надодани маснуоти заргарӣ қой дорад, ки дар ниҳояти кор ба кам супоридани боҷи давлатӣ,

андозҳо, пардохтҳо, ҳисобҳо ва дигар паёмадҳо варда мерасонад. Аз ин лиҳоз, дуруст ҳисоб кардан ва баҳо додани ҳаҷми асосии гардиши маснуоти заргарӣ дар бозорҳои кишвар ғайриимкон мегардад.

Чумхурии Тоҷикистон мисли дигар кишварҳо бояд боҷи воридоти барои тилло бекор кунад, то ҳаҷми воридоти ин навъи металл асосӣ барои рушди соҳа зарур зиёд гардад. Дар ин ҳолат, маҳсулоте, ки истехсол мегардад, аз лизоҳи нарх ва ороиш каму беш дар бозор рақобатпазир хоҳад шуд. Содироти бештари маснуоти заргарӣ ва сангҳои гаронбаҳою ороиш ба рушди иқтисодиёти кишвар ва соҳа мусоидат намуда, аз лиҳози дигар намунаи ҷавоҳироти ватаниро дар бозори ҷаҳонӣ ҳарчӣ бештар муаррифӣ хоҳад намуд.

Муқарриз: Саидов М.Қ. – н.и.и., дотсенти кафедраи иқтисодиёт ва идоракунии Донишқадаи кӯхию металлургии Тоҷикистон

АДАБИЁТ

1. Стратегияи миллии рушди Чумхурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030, Душанбе 2016, саҳ. 5,7.
2. Маълумотномаи Саридораи геологияи назди Ҳукумати Чумхурии Тоҷикистон санаи мурочиат 10.06.2022с.
3. Шеров З.М. Насриддинов З.З. Вазъи бозори сангҳо ва металлҳои қимматбаҳо дар Тоҷикистон. Маводҳои конфронси илмӣ-амалии байналмилалӣ. Бӯстон 2017. 22 с.
4. Паёми Президенти Чумхурии Тоҷикистон мӯҳтарам Эмомалӣ Раҳмон ба Маҷлиси олии 23.12.2022с.
5. Маълумотномаи Раёсати гумрукии назди Президенти Чумхурии Тоҷикистон
6. Состояние и перспективы развития промышленности драгоценных металлов Республики Таджикистан, Катаев А.Х., Раҷабов К.Р., Душанбе Ирфон 2013.
7. Маълумотномаи расмӣ аз Вазорати саноат ва технологияҳои нави Чумхурии Тоҷикистон, санаи мурочиат 13.09.2022сол
8. Нархгузорӣ, И. Аминов, М Абдурахмонов, “Ирфон” Душанбе 2017, саҳ 88-89.
9. Маълумотномаи расмӣ Раёсати гумрук дар вилояти Суғд
10. Капитал, Карл Маркс том 3, Издательство политической литературы “Печатный Двор”, Москва 1970. саҳ. 317-318.
11. Маълумотномаи расмӣ Нозироти иёргии вилояти Суғд

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

TJ	RU	EN
Шеров Зоҳир Мирарабович	Шеров Зоҳир Мирарабович	Sherov Zohir Mirarabovich
Аспирант	Аспирант	Postgraduate student
Донишқадаи кӯхию металлургии Тоҷикистон	Горно-металлургический Таджикистана	Mining and metallurgical Institute of Tajikistan
z.arabovich@mail.ru тел: +992 928316767		
TJ	RU	EN
Низамова Тухфамо Давлатовна	Низамова Тухфамо Давлатовна	Nizamova Tukhfamo Davlatovna
д.и.и., профессори кафедраи иқтисодиёти корхонаҳо ва соҳибкории ДМТ	д.э.н., профессор кафедры экономики предприятий и предпринимательства ТНУ	Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Economics of Enterprises and Entrepreneurship of TNU

УДК 656

ТАҲЛИЛИ ҲОЛАТИ РАВАНДИ НАҚЛИЁТИЮ ТЕХНОЛОҒИ ДАР СОҲАИ СОХТМОНИ ЧУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Ф.М. Ҳамроев, Ш.К. Шодиев, Ф.Н. Низомзода

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Дар мақола натиҷаҳои тадқиқоти ҳолати хизматрасонии нақлиётӣ ба сохтмон пешниҳод гардидааст. Аҳамияти бартаридоштаи нақлиёти автомобилӣ дар таъмини сохтмон бо захираҳои моддӣ мавриди баррасӣ қарор дода шудааст. Қимати харочоти нақлиётӣ дар арзиши корҳои сохтмонӣ таҳлил гардидааст. Бо мақсади коҳиш додани арзиши корҳои сохтмонӣ аз ҳисоби бунёд намудани системаи логистикӣ тавсияҳо дар самти лоиҳакашии таъминоти нақлиётию технологияи анбуҳҳои нақлиётӣ бо захираҳои моддӣ пешниҳод гардидааст.

Калидвожаҳо: талабот ба манзил ва объектҳои инфрасохтор, раванди нақлиётию технологӣ, муносибати логистикӣ, анбуҳи сохтмонӣ, самаранокии истеҳсолоти сохтмонӣ, захираҳои моддӣ.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Ф.М. Ҳамроев, Ш.К. Шодиев, Ф.Н. Низомзода

Представлены результаты исследования состояния транспортного обслуживания в строительстве. Рассмотрена доминирующая значимость автомобильного транспорта в обеспечении строительства материальными ресурсами. Проанализирована величина транспортных издержек в стоимости строительных работ. Предложены рекомендации по проектированию транспортно-технологического обеспечения строительных потоков материальными ресурсами с целью снижения стоимости строительства за счет создания логистической системы.

Ключевые слова: потребность в жилье и объектах инфраструктуры, транспортно-технологический процесс, логистический подход, строительный поток, эффективность строительного производства, материальные ресурсы.

ANALYSIS OF THE STATE OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL PROCESS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

F.M. Hamroev, SH.K. Shodiev, F.N. Nizomzoda

The results of a study of the state of transport services in construction are presented. The dominant importance of road transport in providing construction with material resources is considered. The amount of transport costs in the cost of construction work is analyzed. Recommendations are proposed for the design of transport and technological support for construction flows with material resources in order to reduce construction costs by creating a logistics system.

Key words: need for housing and infrastructure facilities, transport and technological process, logistics approach, construction flow, efficiency of construction production, material resources.

МУҚАДДИМА

Дар технологияи истеҳсоли сохтмонӣ раванди нақлиётию технологӣ ҳалқаи пайвастандандаи байни равандҳои алоҳидаи истеҳсоли маводи сохтмонӣ ва корҳои сохтмонӣ насбкунӣ ба ҳисоб меравад.

Усулҳои дар истеҳсолот истифодашавандаи корҳои сохтмонӣ – технологияи сохтмони биноҳои калони истиқоматӣ, истифодаи маводҳои сементу бетонӣ, системаи хатҳои конвейерӣ, таъмир ва азнавсозии биноҳо – равандҳои нақлиётию технологиеро талаб менамоянд, ки бо назардошти тарзҳои мувофиқи иҷрои корҳои сохтмонӣ - лоиҳакашӣ, омода ва амалӣ карда мешаванд.

Тибқи тадқиқоти баргузоршуда, ҳаҷми фаъолияти ширкатҳои пудратчии сохтмонӣ насбкунӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон дар давраи солҳои 2000 – 2021 зиёда аз 179,4 маротиба афзудааст (ҷадвали 1).

Ҷадвали 1 – Фаъолияти сохтмонӣ насбкунии пудратчӣ [4]

млн. сомонӣ

Нишондиҳанда	Солҳо						2021/ 2000, %
	2000	2005	2010	2015	2020	2021	
Ҳаҷми корҳои пудратчии аз ҳисоби қувваҳои худӣ иҷрошуда	47,7	347,0	1606,4	5163,8	6483,4	8555,9	179,4

Манбаъ: аз ҷониби муаллифони дар асоси нишондодҳои Агенсии омили Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳия карда шудааст.

Майдони сохтмони манзил аз ҳисоби сарчашмаҳои мухталиф бо қиматҳои зерин афзоиш ёфтаанд: ба истифода супоридани хонаҳои истиқоматӣ – 6,3 маротиба; шумораҳои хучраҳои сохташуда – 2,5 маротиба; ба истифода додани мактабҳои таҳсилоти умумӣ – 1,4 маротиба; ба истифода додани беморхонаҳо – 102,1% ва ба истифода додани бунгоҳҳои тиббӣ – 162,4%. Дар маҷмуъ маблағгузорӣ дар соҳаи сохтмон 139,3 маротиба афзудааст (ҷадвали 2).

Рушди истеҳсолоти сохтмонӣ бо талаботи афзоианда аҳоли ба манзил ва объектҳои инфрасохтор, зиёдшавии рақобатнокӣ, беҳдошти маданияти сохтмонӣ, истифодаи усулҳо ва технологияҳои муносири истеҳсолоти сохтмонӣ алоқамандӣ дорад. Дар шароити кунунӣ сохтмони манзил асосан аз ҳисоби

маблағгузориҳои бахши хусусии ба рушди нишондиҳандаҳои алоҳидаи иқтисодӣ мусоидаткунанда амали мегардад [2].

Дар давраи таҳлилии қорҳои ҳаҷмию банақшагирӣ дар хонаҳои истиқоматӣ беҳтар гардида, талабот ба сифати қорҳои сохтмонӣ баланд рафтааст ва ҳамзамон манфиатнокии сармоягузoron дар қоҳиш додани муҳлати қорҳои сохтмонӣ зиёд гардидааст. Омилҳои асосии батаъхирорандаи фаъолияти ширкатҳои сохтмонӣ ва ба рушди иқтисодӣ монеаэҷодкунанда сатҳи баланди андозҳо, фоизҳои баланди қарзҳои тиҷоратӣ, камбудии фармоишҳо дар рафти қор, норасоии маблағгузорӣ, пардохнопазирии фармоишгарон, арзиши баланди маводҳо, конструксияҳо, маснуот ва норасоии кормандони соҳибхитос мебошад [1]. Ташкили начандон самараноки раванди нақлиётю технологӣ дар истеҳсолоти сохтмонӣ дар шароити амалкунанда боиси ба вучуд омадани хароҷоти иловагии моддӣ мегардад.

Чадвали 2 – Нишондиҳандаҳои сохтмон дар Ҷумҳурии Тоҷикистон [4]

Нишондиҳандаҳо	Солҳо						2021/ 2000, %
	2000	2005	2010	2015	2020	2021	
А. Сохтмони манзил ва объектҳои иҷтимоию фарҳангӣ							
Ба истифода додани хонаҳои истиқоматӣ, ҳазор метри мураббаъ аз масоҳати умумӣ	246,0	512,0	1029,4	1263,2	1463,4	1546,0	6,3 мар.
Шумораи хучраҳои сохташуда, (аз ҳисоби ҳамаи сарчашмаҳои маблағгузорӣ), ҳаз. хучра	5,6	8,2	13,1	14,9	14,2	14,1	2,51 мар.
Ба истифода додани мактабҳои таҳсилоти умумӣ, ҷой барои хонанда	6228	14648	18732	10941	13534	27233	4,4 мар.
Ба истифода додани муассисаҳои томактабӣ, ҷой	-	45	-	385	1700	2287	-
Ба истифода додани беморхонаҳо, қат	242	332	129	115	577	247	102,1
Ба истифода додани бунгоҳи тиббӣ, хузури беморон дар як баст	410	702	216	661	436	666	162,4
Б. Маблағгузорӣ дар соҳаи сохтмон - бо нарҳҳои амалкунанда, млн. сомонӣ	108,6	682,5	4669,4	9749,9	11775,5	15124,9	139,3 мар.

Манбаъ: аз ҷониби муаллифон дар асоси нишондодҳои Агенсии оморӣ назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳия карда шудааст.

Раванди нақлиётю технологӣ таъмини мунтазам ва босифати объектҳои сохтмониро бо захираҳои моддӣ зарурӣ амали месозад.

Вобаста аз намуди маводҳои сохтмонӣ, ҳаҷм ва масофаи интиқолдиҳии онҳо воситаҳои мухталифи нақлиёт, тарзҳои интиқолдиҳӣ, боркунӣ, борфарорӣ ва анборкунӣ мавриди истифода қарор мегиранд. Дар сохтмони саноатӣ ва шаҳрвандӣ ҳамаи намудҳои нақлиёти муосири дар ҷумҳурии мо истифодашаванда: автомобилӣ ва роҳи оҳан мавриди баҳрабардорӣ қарор мегиранд. Ҳиссаи хоси маводҳои сохтмонӣ дар ҳаҷми умумии боркашонӣ дар нақлиёти роҳи оҳан зиёда аз 40% ва дар нақлиёти автомобилӣ бошад зиёда аз 55% - ро ташкил медиҳад [6]. Ҳамлу нақли борҳои сохтмонӣ тавассути нақлиёти роҳи оҳан асосан дар самти байналмилалӣ ба роҳ монда мешавад. Барои соҳаи сохтмон амали нисбатан муҳим истифодаи нақлиёти автомобилӣ ва роҳи оҳан ба ҳисоб меравад. Тавсифоти қиёсии ин намудҳои нақлиёт дар чадвали 3 оварда шудааст:

Чадвали 3 – Тавсифоти қиёсии намудҳои гуногуни нақлиёт

Намуди нақлиёт	Баргарӣ	Камбудӣ
Роҳи оҳан	Қобилияти гузарониш ва кашониши баланд. Новобастагӣ аз шароитҳои иқлимӣ, вақти сол ва шабонарӯз. Мунтазамии баланди ҳамлу нақл. Нарҳномаҳои нисбатан паст. Суръати баланди таҳвили борҳои сохтмонӣ ба масофаҳои зиёд	Шумораи маҳдуди интиқолдиҳан-дагон. Маблағгузорию зиёд ба пойгоҳи истеҳсолию техникӣ. Энергияталабии баланди ҳамлу нақл. Дастрасии нисбатан паст ба майдончаҳои сохтмонӣ. Дарачаи начандон баланди ҳифзи борҳо.
Автомобилӣ	Дастрасии сатҳи баланд. Имконияти таҳвили бор аз рӯи принципи “аз дар то дар”. Зудҳаракатӣ, чобукӣ, серҳаракатии баланд суръати ҳаракат. Имконияти истифодаи хатсайрҳо ва нақшаҳои мухталифи таҳвили бор. Сатҳи баланди ҳифзи бор. Имконияти ирсолӣ бор тавассути дастаҳои хурд. Имкониятҳои фароҳи интиқоли интиқолдиҳанда	Маҳсулнокии паст. Вобастагӣ аз шароитҳои иқлимӣ ва роҳӣ. Арзиши аслии нисбатан баланди ҳамлу нақл дар масофаҳои зиёд. Тозагии нокифояи экологӣ.

Аз ҷадвали пешниҳодгардида дида мешавад, ки дар сохтмон нақлиёти автомобилӣ мавқеи бартаридоштаро ҳифз менамояд. Майдончаҳои сохтмонӣ одатан роҳҳои фаръии оҳан надоранд. Бинобар ин, ҳамеша зарурияти гузаронидани бор аз нуқтаҳои қойивазкунии роҳи оҳан ба нақлиёти автомобилӣ ва таҳвили ин бор ба объектҳои сохтмонӣ зарур мешавад. Барои объектҳои начандон калони сохтмонӣ, ки тақозои таҳвили ҳаҷми ночизи борҳоро доранд, истифодаи нақлиёти роҳи оҳан сарфи назар карда мешавад.

Ҷадвали 4 – Сохтори сармоягузорӣ ба комплекси сохтмони Ҷумҳурии Тоҷикистон – бо нархҳои амалкунанда [4]
млн. сомонӣ

Нишондиҳанда	Солҳо					
	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Кулли сармоягузорӣ	108,6	682,5	4669,4	9749,9	11775,5	15124,9
аз ҷумла,						
корҳои сохтмонию насбкунӣ	69,5	509,5	4127,1	8325,5	9892,0	12870,8
таҷҳизот, лавозимот ва инвентар	21,5	98,8	315,1	788,6	1143,2	1194,3
дигар намуди сармоягузорӣ ва хароҷот	17,6	74,2	227,1	635,8	720,4	1059,8

Манбаъ: аз ҷониби муаллифон дар асоси нишондодҳои Агентии оморӣ назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳия карда шудааст

Сохтмони бино ва иншоот бо қойивазкунии шумораи зиёди маводҳо алоқамандӣ дорад, ки арзиши онҳо дар ҳаҷми умумии корҳои сохтмонию насбкунӣ зиёда аз 50%-ро ташкил медиҳанд. Ҳамчунин дар шароити муносибатҳои бозорӣ дар ин соҳа нақши ҳалкунандаро таркибдиҳандагони сармоягузорӣ дар самти сохтмон мебозанд (ҷадвали 4)

Хароҷоти нақлиётӣ ба моддаҳои алоҳидаи арзиши аслии сохтмон ҳамроҳ карда мешавад. Таркибдиҳандаи яқум ба арзиши маводҳои сохтмонӣ шомил мегардад. Арзиши сметагии захираҳои моддӣ аз нархи яқлукти маводҳо, маснуот ва конструксияҳо, баландшавии нархи ширкатҳои фурӯш ва таъминоти маводҳо, арзиши ҷилди бор ва реквизиҷто, хароҷоти нақлиётӣ аз рӯи таҳвили онҳо ба объектҳои сохтмонӣ ва хароҷоти омодаасозии анборкунӣ иборат аст. Андозаи хароҷоти нақлиётӣ вобаста аз таҳвили маводҳои сохтмонӣ то объектҳои сохтмонӣ қисмати зиёди арзиши сметагии онҳоро ба андозаи 12–18% ташкил медиҳад [7]. Хароҷоти интиқоли маводҳо бо назардошти намуди маводи интиқолшаванда, нақлиёти истифодашаванда, шароитҳо ва масофаи ҳамлу нақл, инчунин дар шакли франкои дар нархи яқлукти маҳсулот ба инобат гирифташуда муайян карда мешавад.

Моддаи алоҳидаи хароҷоти нақлиётӣ дар ҳисобҳои сметагӣ ҷудо карда намешавад. Дар нишондиҳандаҳои фаъолияти истеҳсолию хоҷагидорӣ ширкатҳои сохтмонӣ низ онҳо мавҷуд нестанд. Муайян намудани қимати воқеии онҳо танҳо бо роҳи коркарди шумораи зиёди ҳуҷҷатҳои фаврӣ имкон дорад. Барои сохтмон ҷамъшавии зиёди нуқтаҳои истеҳсолот, коркарди маҳсулот ва истеъмоли он хос мебошад. Ҳолати мазкур ҳаҷми корҳоро дар самти интиқоли онҳо ва хароҷоти интиқол афзун месозад.

Қимати хароҷоти нақлиётӣ ба арзиши корҳои сохтмонӣ таъсири зиёд мерасонад. Коҳиш додани арзиши сохтмон ва баланд бардоштани дастарсӣ ба манзил барои аҳоли вазифаи муҳимтарини иҷтимоию иқтисодии босуботии ҷомеа мебошад.

Яке аз вариантҳои коҳиш додани арзиши аслии сохтмон мукамалгардонии раванди нақлиёти технологӣ мебошад.

Бо мақсади беҳтар намудани таъминоти нақлиётӣ истеҳсолоти сохтмонӣ бунёди системаи логистикӣ хизматрасониҳои нақлиётию технологӣ зарур аст, ки иштироккунандагони он корхонаҳои таҳвилкунандаи маҳсулот, муттаҳидсозанда ва ширкатҳои нақлиётию сохтмонӣ буда метавонанд. Фаъолияти онҳо бо роҳи технологияи ягонаи мувофиқгардидаи таҳвили борҳо, ки барои ҳамаи иштироккунандагони ин раванд аз нуқтаи назари иқтисодӣ мақсаднок мебошад, ба роҳ монда мешавад.

Принсипҳои муҳимтарини логистикӣкунии системаи хизматрасониҳои нақлиётию технологӣ таркибдиҳандагони зерин мебошанд:

- банақшагирӣ, ташкил ва идоракунии фаврии таҳвили захираҳои моддӣ дар мувофиқати қатъӣ бо технология ва нақшаи тақвими истеҳсоли корҳои сохтмонию насбкунӣ ба роҳ монда мешавад;

- лоиҳаи маҷмуакунии технологияи объекти сохтмонӣ бо кулли захираҳои моддӣ дар марҳилаи омодаасозии истеҳсолоти сохтмонӣ таҳия карда мешавад, ки ба ҳайати лоиҳаи истеҳсоли корҳо ҳуҷҷатгузорию меъёрию технологияи яқлелашуда шомил мегардад;

- лоиҳаи таъминоти нақлиётӣ сохтмон, ки дар ҳайати лоиҳаи иҷрои корҳо бояд фарогири нақшаҳои асоснокшудаи анбуҳи борҳо, нақшаҳои технологияи таҳвили борҳо ба объектҳои сохтмонӣ, вобастакунии асосноки истеъмолкунандагон ба таҳвилгарони борҳо, асосноккунии интиқоли намуди оқилонаи воситаҳои нақлиёт барои ҳамлу нақли теъдоди матлуби феҳристи гуногуни борҳои сохтмонӣ, нишондиҳандаҳои техникаи истифодабарӣ асосии кори воситаҳои нақлиётӣ автомобилӣ ҳангоми интиқоли борҳои сохтмонӣ, ҳисоби теъдоди матлуби воситаҳои нақлиёт барои азхудкунии ҳаҷми зарурии ҳамлу нақли борҳои сохтмонӣ, асосноккунии интиқоли намуди воситаҳои контейнер ва пакеткунӣ, муайян кардани теъдоди онҳо, принсипҳои ҳамкорию иштирокчиёни раванди нақлиётию технологӣ;

- банақшагирии таҳвили маҷмӯи маводҳо ва маснуот ба майдонҷаҳои сохтмонӣ дар робита бо нақшаи истеҳсоли онҳо бо муассисаҳои истеҳсолкунанда амалӣ мегардад;
- таҳвили маҷмӯи маводҳо ва маснуот тибқи омодагии технологӣ бо истеъмоли истеҳсоли дар контейнер ва пакетҳо бевосита дар қитъаи қорӣи объектҳои сохтмонӣ ба роҳ монда мешавад;
- ҳисобҳо танҳо барои таҳвили маҷмӯи маводҳо ва маснуот сурат мегирад.

Ҳамин тариқ, системаи логистикӣ хизматрасонии нақлиётӣ технологияи анбуҳҳои сохтмонӣ имкони манфиатдории муассисаҳои нақлиёти автомобилро дар қонеъгардонии талаботи ширкатҳои сохтмонӣ вобаста ба объектҳои сохтмонӣ таҳвил намудани конструкция ва маводҳои феҳристи зарурӣ бо ҳаҷми пурра, дар муҳлати муқаррашуда ва бо хароҷоти камтарини нақлиётӣ фароҳам меорад. Дар навбати худ ҳайати ширкатҳои сохтмонӣ ва муассисаҳои таҳвилкунанда ба коҳиш додани вақти бекористии воситаҳои нақлиёти автомобилӣ ҳангоми боркунию борфарорӣ, оmodасозии саривақтии бор барои ирсолнамоӣ ва таъмини қабули саривақтии он дар майдонҷаҳои сохтмонӣ, инчунин нигоҳдории роҳҳои фаръӣ дар ҳолати хуб манфиатдор мегарданд.

Ҳамин тариқ, аҳамияти назариявии муқаррароти таҳиягардида дар мукамалнамоии муқаррароти илмӣ дар самти лоиҳакашии таъминоти нақлиётӣ технологияи анбуҳҳои нақлиётӣ бо захираҳои моддӣ мебошад, ки имкони коҳиш додани давомнокӣ ва арзиши бунёди объектҳои сохтмонино фароҳам меорад.

Дар шароити Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳангоми ташкили ҳамлу нақли борҳои сохтмонӣ асосан нақлиётӣ роҳи оҳан ва автомобилӣ мавриди истифода қарор мегирад. Мутобиқи нишондодҳои Агентии омори назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон дар давраи солҳои 2016 – 2021 ҳамлу нақли борҳо тавассути нақлиётӣ роҳи оҳан дар мавқеи нобаробар қарор дорад. Дар давраи муоинашаванда ҳамлу нақли борҳо тавассути нақлиётӣ роҳи оҳан афзоиш ёфтааст. Вале агар ба таври амиқ таҳлил намоем, онҳо метавон мушоҳида намуд, ки нишондиҳандаи соли 2021 аз нишондиҳандаҳои солҳои 2019 ва 2020 хеле қафо мемонад.

Ҷадвали 5 – Ҳамлу нақли борҳои сохтмонӣ тавассути нақлиётӣ роҳи оҳан дар давраи солҳои 2016-2021.

ҳазор тонна

Нишондиҳандаҳо	Солҳо						2021 /2016, %
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Ҳаҷми боркашонӣ, ҳамагӣ	843,7	866,6	1388,6	1288,5	1265,0	981,0	116,3
аз ҷумла, борҳои сохтмонӣ	43,5	225,4	737,9	558,2	615,9	333,1	7,6 мар.
Ҳиссаи борҳои сохтмонӣ дар ҳаҷми умумии боркашонӣ	5,2	26,0	53,1	43,3	48,7	34,0	6,6 мар.

Манбаъ: аз ҷониби муаллифон дар асоси нишондодҳои Агентии омори назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳия карда шудааст

Ҳиссаи борҳои сохтмонӣ дар ҳаҷми умумии боркашонӣ тавассути нақлиётӣ роҳи оҳан ҳамчунин дар давраи муоинашаванда нобаробар аст. Дар маҷмӯъ қимати он 6,6 маротиба афзоиш ёфтааст, вале боз ҳам қимати ин нишондиҳанда дар соли 2021 нисбати ду соли қаблӣ камтар ба назар мерасад.

Ҷадвали 6 – Ҳамлу нақли байналмилалӣ борҳои сохтмонӣ тавассути нақлиётӣ автомобилӣ дар соли 2022 [5]

ҳазор тонна

№ б/т	Номгӯи давлатҳо	Воридот			Содирот			Гузариши транзитӣ			Ҷамъ
		ВНА ИВ*	ВНА ИХ**	Ҳамагӣ	ВНА ИВ*	ВНА ИХ**	Ҳамагӣ	ВНА ИВ*	ВНА ИХ**	Ҳамагӣ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Давлатҳои узви ИДМ											
1.1	Руссия	23,7	23,2	46,9	0,38	0,18	0,56	-	-	-	47,46
1.2	Қазоқистон	0,81	14,6	15,41	0,71	0,16	0,87	-	-	-	16,28
1.3	Узбекистон	30,7	11,1	41,8	109	229	338	-	-	-	379,8
1.4	Туркманистон	0,05	0,43	0,48	-	-	-	-	-	-	0,48
1.5	Беларус	1,5	2,93	4,43	0,1	-	0,1	-	-	-	4,53
1.6	Украина	0,06	0,04	0,1	-	-	-	-	-	-	0,1
1.7	Озарбойҷон	-	0,07	0,07	-	-	-	-	-	-	0,07
1.8	Қирғизистон	-	0,51	0,51	-	-	-	-	0,05	0,05	0,56
Ҳамагӣ		56,8	52,9	109,7	110,2	229,3	339,5	-	0,05	0,05	449,25

2. Давлатҳои хориҷи дур ва наздик											
2.1	ҚИ Афғонистон	1,97	-	1,97	366	1,6	367,6	1,25	-	1,25	370,82
2.2	Туркия	6,34	6,9	13,24	0,13	0,18	0,31	-	-	-	13,55
2.3	ҚИ Эрон	0,16	1,3	1,46	-	-	-	-	-	-	1,46
3.4	ҚМ Чин	-	0,16	0,16	-	-	-	-	-	-	0,16
2.5	Польша	0,13	0,04	0,17	-	-	-	-	-	-	0,17
2.6	Белгия	0,13	0,02	0,15	-	-	-	-	-	-	0,15
2.7	Литва	0,37	0,82	1,19	0,3	-	0,3	-	-	-	1,49
2.8	Гурҷистон	0,007	0,05	0,057	-	-	-	-	-	-	0,057
2.9	Олмон	-	0,02	0,02	-	-	-	-	-	-	0,02
2.10	Италия	-	0,26	0,26	-	-	-	-	-	-	0,26
2.11	Чехия	-	0,15	0,15	-	-	-	-	-	-	0,15
2.12	Финляндия	-	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	0,03
Ҳамагӣ		9,1	9,7	18,9	366,4	1,8	368,2	1,25	-	1,25	388,3
Ҷамъ		65,9	62,6	128,5	476,6	231,1	707,7	1,25	0,05	1,3	837,6

Манбаъ: аз ҷониби муаллифон дар асоси нишондодҳои Агенсии омили Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳия карда шудааст.

Эзоҳ: * - воситаҳои нақлиёти автомобилӣ интиқолдиҳандагони ватанӣ;

** - воситаҳои нақлиёти автомобилӣ интиқолдиҳандагони хориҷӣ.

Қайд кардан бамаврид аст, ки тақрибан нисфи маводҳои сохтмонӣ ва борҳои дар комплекси сохтмони Ҷумҳурии Тоҷикистон истифодашаванда аз давлатҳои хориҷи дур ва наздик ворид мегарданд. Табиист, ки дар ин маврид низ раванди истеҳсоли комплекси сохтмони ҷумҳурӣ аз раванди нақлиёти вобастагии кулӣ дорад. Тавре дар боло зикр гардид, дар робита бо релефи қуҳии ҷумҳурии мо тақрибан ҳамаи таҳвили маводҳои сохтмонӣ тавассути нақлиёти роҳи оҳан ва автомобилӣ сурат мегирад. Мутобиқи нишондодҳои Вазорати нақлиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соли 2022 гардиши борҳо ва маводҳои сохтмонӣ дар самти байналмилалӣ дар ҳаҷми умумӣ 837,6 ҳазор тоннаро ташкил додааст (ҷадвали 6). Воридоти воситаҳои нақлиёти автомобилӣ дар самти байналмилалӣ фаъолияткунанда бо борҳои сохтмонӣ дар маҷмӯъ 128,5 ҳазор тоннаро ташкил медиҳад. Ҳиссаи интиқолдиҳандагони ватанӣ дар воридоти воситаҳои нақлиёти автомобилӣ ба 51,3% баробар аст. Содироти воситаҳои нақлиёти автомобилӣ аз гузаргоҳҳои сарҳадии Ҷумҳурии Тоҷикистон бо борҳои сохтмонӣ дар соли 2022 707,7 тоннаро ташкил медиҳад. Дар ин самт бошад, ҳиссаи интиқолдиҳандагони ватанӣ 67,3%-ро ташкил медиҳад [3].

Қайд кардан бамаврид аст, ки гузариши транзитии воситаҳои нақлиёти автомобилӣ байналмилалӣ тавассути гузаргоҳҳои сарҳадии ҷумҳурӣ асосан бидуни бор сурат мегирад. Дар робита бо ин, нишондиҳандаи гузариши транзитии воситаҳои нақлиёти автомобилӣ бо борҳои сохтмонӣ танҳо 1,3 ҳазор тоннаро ташкил дода, ҳиссаи интиқолдиҳандагони ватанӣ бошад ба 96,2% баробар аст (ҷадвали 7).

Ҷадвали 7 – Таҳлили ҳамлу нақли борҳои сохтмонӣ тавассути нақлиёти автомобилӣ дар самти байналмилалӣ дар соли 2022 аз рӯи ҳиссаи интиқолдиҳандагон

№ б/т	Нишондиҳандаҳо	Воридот	Содирот	Транзит	Ҷамъ
1	Ҳаҷми умумии ҳамлу нақли борҳои сохтмонӣ, ҳазор тонна	128,5	707,7	1,3	837,6
2	Ҳамлу нақли борҳои сохтмонӣ тавассути воситаҳои нақлиёти автомобилӣ интиқолдиҳандагони ватанӣ, ҳазор тонна	65,9	476,6	1,25	543,75
3	Ҳамлу нақли борҳои сохтмонӣ тавассути воситаҳои нақлиёти автомобилӣ интиқолдиҳандагони хориҷӣ, ҳазор тонна	62,6	231,1	0,05	293,75
4	Ҳиссаи интиқолдиҳандагони ватанӣ дар ҳаҷми умумии ҳамлу нақли борҳои сохтмонӣ,%	51,3	67,3	96,2	64,9
5	Ҳиссаи интиқолдиҳандагони хориҷӣ дар ҳаҷми умумии ҳамлу нақли борҳои сохтмонӣ,%	48,7	32,7	3,8	35,1

Манбаъ: аз ҷониби муаллифон дар асоси нишондодҳои Вазорати нақлиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳия карда шудааст

Агар ҳамлу нақли борҳоро тавассути нақлиёти автомобилӣ вобаста ба давлатҳо таҳлил намоем, метавон хулоса баровард, ки мубодилаи борҳо ва маводҳои сохтмонӣ асосан бо давлатҳои узви ИДМ сурат мегирад (ҷадвали 8.)

Чадвали 8 – Таҳлили ҳамлу нақли борҳои сохтмонӣ тавассути нақлиёти автомобилӣ дар соли 2022 вобаста аз давлатҳо

№ б/т	Нишондиҳандаҳо	Воридот	Содирот	Транзит	Чамъ	
					адад	%
1	Ҳаҷми умумии ҳамлу нақли борҳои сохтмонӣ, ҳазор тонна	128,5	707,7	1,3	837,6	100,0
2	Ҳамлу нақли борҳои сохтмонӣ бо давлатҳои узви ИДМ, ҳазор тонна	109,7	339,5	0,05	449,25	53,6
3	Ҳамлу нақли борҳои сохтмонӣ бо давлатҳои хориҷи дур ва наздик, ҳазор тонна	18,9	368,2	1,25	388,35	46,4

Манбаъ: аз ҷониби муаллифони дар асоси нишондодҳои Вазорати нақлиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳия карда шудааст

Ҳиссаи онҳо дар ҳаҷми умумии ҳамлу нақли борҳо ва маводҳои сохтмонӣ 53,6%-ро ташкил медиҳад. 46,4%-и боқимонда ба давлатҳои хориҷи дур ва наздик рост меояд.

Дар маҷмӯъ нақлиёт дар системаи истеҳсолоти сохтмонӣ мавқеи муҳимро ишғол намуда, ҳалқаи технологияи пайвастандаи объектҳои сохтмонӣ бо муассисаҳои саноати сохтмонӣ, карерҳо, пойгоҳҳои сохтмонӣ, анборҳо ва дигар сарчашмаҳои моддию техникии таъминоти сохтмон мебошад.

Нақши нақлиёт дар сохтмон бо маҳсулотталабии баланди истеҳсолоти сохтмонӣ ва зарурият ба таҳвили бефосилаи борҳои сохтмонӣ шарҳ дода мешавад [8].

Мукамалгардони кори нақлиёти автомобилӣ бо мутамарказони минбаъдаи ҳамлу нақли оммавии борҳои сохтмонӣ, баланд бардоштани маҳсулнокии таркиби ҳаракаткунанда аз ҳисоби истифодаи нисбатан пурраи иқтидори борбардори автомобилҳо, истифодаи фароҳи кӯшаҳо ва автопоездҳо, зиёднамоии басти кории автомобилҳо, ҷорӣ намудани воситаҳои механикунонии корҳои боркунӣ борфарорӣ ва ғайра метавонанд боз ҳам дар ин самт тақони ҷиддии мусбат бахшанд.

Муқаррир: Раҷабов Ҷ.К. – д.и.у., профессори кафедраи “Умури гумрук”-и ДДҶЛТ

АДАБИЁТ

1. Алексеев, Н. Е. Дилемма о цикличности насыщения потребностей в современной экономике / Н. Е. Алексеев // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2012. – № 2 (10). – С. 33–39.
2. Алексеев, Н. Е. Эволюционное становление категории потребность: экономический аспект / Н. Е. Алексеев // Омский научный вестник. Сер. Общество. История. Современность. – 2011. – № 1 (95). – С. 39–43.
3. Китоби чамъбастии фаёлияти зерсохторҳои Вазорати нақлиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соли 2022. Душанбе 2022.
4. Маҷмӯаи солони омури Ҷумҳурии Тоҷикистон. Агентии омури назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон. Душанбе с. 2022
5. Нақлиёт ва алоқаи Ҷумҳурии Тоҷикистон. Маҷмӯаи омури. Агентии омури назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон. Душанбе с. 2022.
6. Одинцов, Д. Г. Об эффективности транспортно-технологического обеспечения строительства / Д. Г. Одинцов, О. В. Демиденко // Жилищное строительство. – 2003. – № 5. – С. 31.
7. Финансовые аспекты предпринимательства в новой экономике: моногр. / Под общ. ред. О. Ю. Патласова. – Омск: ОмГА, 2013. – 300 с.
8. Шодиев Ш.К., Раҷабова Х.Ш. Нақши инфрасохтори нақлиётӣ дар баланд бардоштани рушди фазоии иқтимоно иқтисодии минтақа. Паёми Донишгоҳи давлатии тичорати Тоҷикистон №3 (48), 2023 сах. 285

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН (СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ, AUTHORS' BACKGROUND)

TJ	RU	EN
Ҳамроев Фузайли Маҳмадалиевич доктори илмҳои иқтисодӣ, профессор	Хамроев Фузайли Маҳмадалиевич доктор экономических наук, профессор	Khamroev Fuzaili Makhmadalievich Doctor of Economics, Professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
fuzyl@mail.ru		
TJ	RU	EN
Шодиев Шодикул Каримович ассистент	Шодиев Шодикул Каримович ассистент	Shodiev Shodiqul Karimovich assistant
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
skarimzoda@bk.ru		
TJ	RU	EN
Низомзода Фаҳриддин Низом номзади илмҳои техникӣ, муаллими калон	Низомзода Фаҳриддин Низом кандидат техникий наука, старший преподаватель	Nizomzoda Fakhridin Nizom Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
fnizomzoda@list.ru		

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Приложение 1
к Положению о научном журнале
"Политехнический вестник"

ТРЕБОВАНИЯ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ статей в журнал "Политехнический вестник"

1. В журнале публикуются статьи научно-практического и проблемного характера, представляющие собой результаты завершённых исследований, обладающие научной новизной и представляющие интерес для широкого круга читателей журнала.

2. Основные требования к статьям, представляемым для публикации в журнале:

- статья (за исключением обзоров) должна содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике и научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями к оформлению статей (см. пункт 5).

3. Статья представляется в редакцию по электронной почте и в одном экземпляре на бумаге, к которому необходимо приложить электронный носитель текста, идентичного напечатанному, а также две рецензии на статью и справку о результате проверки на оригинальность.

4. Структура статьи

Текст статьи должен быть представлен в формате IMRAD² на таджикском, английском или русском языке:

ВВЕДЕНИЕ (Introduction)	Почему проведено исследование? Что было исследовано, или цель исследования, какие гипотезы проверены? Включает: актуальность темы исследования, обзор литературы по теме исследования, постановку проблемы исследования, формулирование цели и задач исследования.
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ (MATERIALS AND METHODS)	Когда, где и как были проведены исследования? Какие материалы были использованы или кто был включен в выборку? Детально описывают методы и схему экспериментов/наблюдений, позволяющие воспроизвести их результаты, пользуясь только текстом статьи. Описывают материалы, приборы, оборудование и другие условия проведения экспериментов/наблюдений.
РЕЗУЛЬТАТЫ (RESULTS)	Какой ответ был найден. Верно ли была протестирована гипотеза? Представляют фактические результаты исследования (текст, таблицы, графики, диаграммы, уравнения, фотографии, рисунки).
ОБСУЖДЕНИЕ (DISCUSSION)	Что подразумевает ответ и почему это имеет значение? Как это вписывается в то, что нашли другие исследователи? Каковы перспективы для будущих исследований? Содержит интерпретацию полученных результатов исследования, включая: соответствие полученных результатов гипотезе исследования; ограничения исследования и обобщения его результатов; предложения по практическому применению; предложения по направлению будущих исследований.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ (CONCLUSION)	Содержит краткие итоги разделов статьи без повторения формулировок, приведенных в них.
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК (REFERENCES)	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. п.3).
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	оформляется в конце статьи в следующем виде:

² Данный термин составлен из первых букв английских слов: Introduction (Введение), Materials and Methods (Материалы и методы), Results (Результаты) Acknowledgements and Discussion (Обсуждение). Это самый распространенный стиль оформления научных статей, в том числе для журналов Scopus и Web of Science.

(AUTHORS' INFORMATION)

	TJ	RU	EN
Ному насаб, ФИО, Name			
Дараҷа ва унвони илмӣ, Степень и должность, Title ³			
Ташкилот, Организация, Organization			
e-mail			
ORCID ⁴ Id			
Телефон			

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ (CONFLICT OF INTEREST)	<p>Конфликт интересов — это любые отношения или сферы интересов, которые могли бы прямо или косвенно повлиять на вашу работу или сделать её предвзятой.</p> <p>Пример:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Конфликт интересов: Автор Х.Х.Х. Владеет акциями Компании Y, которая упомянута в статье. Автор Y.Y.Y. – член комитета XXXX. 2. Если конфликта интересов нет, авторы должны заявить: Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов. <p>Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи</p>
--	--

ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ (AUTHOR CONTRIBUTIONS).	<p>Публикуется для определения вклада каждого автора в исследование. Описание, как именно каждый автор участвовал в работе (предпочтительно), или сообщение о вкладах авторов в процентах или долях (менее желательно).</p> <p>Пример данного раздела:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Авторы A1, A2 и A3 придумали и разработали эксперимент, авторы A4 и A5 провели теоретические исследование. Авторы A1 и A6 участвовали в обработке данных. Авторы A1, A2 и A5 участвовали в написании текста статьи. Все авторы участвовали в обсуждении результатов. 2. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации
---	---

ДОПОЛНИТЕЛЬНО (по желанию автора)

БЛАГОДАРНОСТИ (опционально) - ACKNOWLEDGEMENT (optional)	<p>Если авторы в конце статьи выражают благодарность или указывают источник финансовой поддержки при выполнении научной работы, то необходимо эту информацию продублировать на английском языке.</p>
---	--

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ (FUNDING)	<p>Информация о грантах и любой другой финансовой поддержке исследований. Просим не использовать в этом разделе сокращенные названия институтов и спонсирующих организаций.</p>
--	---

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ (ADDITIONAL INFORMATION)	<p>В этом разделе могут быть помещены: Нестандартные ссылки. Например, материалы, которые по каким-то причинам не могут быть опубликованы, но могут быть предоставлены авторами по запросу. Дополнительные ссылки на профили авторов (например, ORCID). Названия торговых марок на иностранных языках, которые необходимы для понимания статьи или ссылки на них.</p>
---	--

³ Title can be chosen from: master student, Phd candidate, assistant professor, senior lecture, associate professor, full professor

⁴ ORCID или Open Researcher and Contributor ID (Открытый идентификатор исследователя и участника) — незапатентованный буквенно-цифровой код, который однозначно идентифицирует научных авторов. www.orcid.org.

Особые сообщения об источнике оригинала статьи (если статья публикуется в переводе).
Информация о связанных со статьей, но не опубликованных ранее докладов на конференциях и семинарах.

5. Требования к оформлению статей

Рекомендуемый объем оригинальной статьи – до 10 страниц, обзора – до 15 страниц, включая рисунки, таблицы, библиографический список. В рубрику «Краткие сообщения» принимаются статьи объемом не более 3 страниц, включая 1 таблицу и 2 рисунка.

Рекомендации по набору и оформлению текста

Наименование	Требования	Примечания
Формат страницы	A4	
Параметры страницы и абзаца	отступы сверху и снизу - 2.5 см; слева и справа - 2 см; табуляция - 2 см;	ориентация - книжная
Редактор текста	Microsoft Office Word	
Шрифт	Times New Roman, 12 пунктов	
межстрочный интервал	Одинарный, выравнивание по ширине	Не использовать более одного пробела между словами, пробелы для выравнивания, автоматический запрет переносов, подчеркивания.
Единица измерения	Международная система единиц СИ	
Сокращения терминов и названий	В соответствии с ГОСТ 7.12-93.	должны быть сведены к минимуму
Формулы	Математические формулы следует набирать в формульном редакторе MathTypes Equation или MS Equation, греческие и русские буквы в формулах набирать прямым шрифтом (опция текст), латинские курсивом. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и центрируются.	Обозначения величин и простые формулы в тексте и таблицах набирать как элементы текста (а не как объекты формульного редактора). Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении. Нумерация формул сквозная. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и рисунках недопустимо
Таблицы	При создании таблиц рекомендуется использовать возможности MS Word (Таблица – Добавить таблицу) или MS Excel. Таблицы должны иметь порядковые номера, название и ссылку в тексте. Таблицу следует располагать в тексте после первого упоминания о ней. Интервал между строчками в таблице можно уменьшать до одинарного, размер шрифта – до 9 пунктов.	Внутри таблицы заголовки пишутся с заглавной буквы, подзаголовки – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком. Заголовки центрируются. Боковые – по центру или слева. Диагональное деление ячеек не рекомендуется. В пустой ячейке обязателен прочерк (тире –). Количество знаков после запятой (точность измерения) должно быть одинаковым.
Рисунки (иллюстрации, графики, диаграммы, схемы)	Должны иметь сквозную нумерацию, название и ссылку в тексте, которую следует располагать в тексте после первого упоминания о рисунке. Рисунки должны иметь расширение, совместимое с MS Word (*JPEG, *BIF, *TIFF (толщина линий не менее 3 пкс) Фотографии должны быть предельно четкими, с разрешением 300 dpi. Максимальный размер рисунка: ширина 150 мм, высота 245 мм. Каждый рисунок должен иметь подрисуночную подпись, в которой дается объяснение всех его элементов.	Заголовки таблиц и подрисуночные подписи должны быть по возможности лаконичными, а также точно отражающими смысл содержания таблиц и рисунков. Все буквенные обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисуночном текстах. Все надписи на рисунках (наименования осей, цифры на осях, значки точек и комментарии к ним и проч.) должны быть выполнены достаточно крупно, одинаковым шрифтом, чтобы они легко читались при воспроизведении на печати. Наименования осей, единицы измерения

Наименование	Требования	Примечания
	Кривые на рисунках нумеруются арабскими цифрами и комментируются в подписях к рисункам.	физических величин и прочие надписи должны быть выполнены на русском языке. Не допускается наличие рамок вокруг и внутри графиков и диаграмм Каждый график, диаграмма или схема вставляется в текст как объект MS Excel.

Рукопись должна быть построена следующим образом:

Раздел	Содержание (пример)	Расположение
Индекс УДК ⁵	УДК 62.214.4; 621.791.05	в верхнем левом углу полужирными буквами
Заголовок	НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (должен быть информативным и, по возможности, кратким) (на языке оригинала статьи)	В центре полужирными буквами
Авторы	Инициалы и фамилии авторов (на языке оригинала статьи)	В центре полужирными буквами
Организация	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	В центре полужирными буквами
Реферат (аннотация)	Должен быть информативным и на языке оригинала статьи (таджикском, русском и английском), содержать 800-1200 печатных знаков (120-200 слов). Структура реферата: Введение. Материалы и методы исследования. Результаты исследования. Заключение.	Выровнять по ширине
Ключевые слова	5-6, разделены между собой « , ». (на языке оригинала статьи) Пример: энергосбережение, производство корунда, глинозем, энергопотребление, оптимизация	Выровнять по ширине
На двух других языках приводится: Заголовок Авторы Организация Реферат (аннотация)	перевод названия статьи, авторов ⁶ , организации ⁷ , заголовки и реферат ⁸ и ключевые слова ⁹ на двух других языках	

⁵ Универсальная десятичная классификация (УДК) — система классификации информации, широко используется во всём мире для систематизации произведений науки, литературы и искусства, периодической печати, различных видов документов и организации картотек. Межгосударственный стандарт ГОСТ 7.90—2007. Пример: <https://www.teacode.com/online/udc/>

⁶ В английском переводе фамилии авторов статей представляются согласно системе транслитерации BSI (British Standard Institute). Стандарт BSI обычно применяется в случае, когда требуется корректная транслитерация букв, слов и предложений из кириллического алфавита в латинский в случае оформления библиографических списков с официальным статусом. Им пользуются для того, чтобы попасть в зарубежные базы данных.

⁷ Название организации в английском переводе должно соответствовать официальному, указанному на сайте организации. Непереводимые на английский язык наименования организаций даются в транслитерированном варианте.

⁸ Необходимо использовать правила написания организаций на английском языке: все значимые слова (кроме артиклей и предлогов) должны начинаться с прописной буквы. Совершенно не допускается написание одних смысловых слов с прописной буквы, других – со строчной.

⁹ В английском переводе ключевых слов не должно быть никаких транслитераций с русского языка, кроме непереводимых названий собственных имен, приборов и др. объектов, имеющих собственные названия; также не должен использоваться непереводимый сленг, известный только ограниченному кругу специалистов.

Раздел	Содержание (пример)	Расположение
Статья согласно структуры	Согласно требованиям пункта 4 требования и условия предоставления статей в журнал "Политехнический вестник"	Выровнять по ширине

К статье прилагается (см. <https://web.ttu.tj/tj/pages/73>):

1. Сопроводительное письмо.
2. Авторское заявление .
3. Лицензионный договор.
4. Экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати
5. Рецензия.

Мухаррири матни русӣ:
Мухаррири матни тоҷикӣ:
Ороиши компютерӣ ва тарроҳӣ:

М.М. Якубова
Муаллифон
Ш.Орифова

Редактор русского текста:
Редактор таджикского текста:
Компьютерный дизайн и верстка:

М.М. Якубова
Авторская редакция
Ш.Орифова

Нишонӣ: ш. Душанбе, хиёбони акад. Рачабовҳо, 10^А
Адрес: г. Душанбе, проспект акад. Раджабовых, 10^А

Ба чоп 15.12.2023 имзо шуд. Ба матбаа 20.12.2023 супорида шуд.
Чопи офсетӣ. Коғазӣ офсет. Андозаи 60x84 1/8
Адади нашр 50 нусха.

Матбааи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ
ш. Душанбе, кӯчаи акад. Рачабовҳо, 10^А