



Д. Серікбаев
атындағы
Шығыс Қазақстан
мемлекеттік техникалық
университетінің

ХАБАРШЫСЫ



ВЕСТНИК

Восточно-Казахстанского
государственного технического
университета
имени
Д. Серикбаева

1

Регистрационный № 145-ж

№ 1 (87), март, 2020

Основан в 1998 году

Выходит 4 раза в год

Ғылыми журнал

Д. Серікбаев атындағы
Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық
университетінің

ХАБАРШЫСЫ



ВЕСТНИК

Восточно-Казахстанского
государственного технического университета
им. Д. Серикбаева

Научный журнал



Бас редакторы – Главный редактор

Ж.К. Шаймарданов

доктор биологических наук, профессор

Редакция алқасы – Редакционная коллегия:

Заместитель главного редактора:

О.Д. Гавриленко, канд. геол.-мин. н.

Ответственный секретарь – О.Н. Николаенко

Члены коллегии:

Абрахам Атта Огву, профессор (Великобритания)

Д.Л. Алонцева, к.ф-м н., профессор (Казахстан)

Ю.В. Баталов, д.э.н., профессор (Казахстан)

Бешо Масахико, Dr.PhD, профессор (Япония)

Е.В. Блиная, к.т.н., доцент (Казахстан)

Ю.А. Веригин, д.т.н., профессор (Казахстан)

М.В. Дудкин, д.т.н., профессор (Казахстан)

Б.А. Дьячков, д.г.-м.н., профессор (Казахстан)

Н.К. Ердыбаева, д.ф.-м.н. (Казахстан)

Т.Т. Ипалаков, д.т.н., профессор (Казахстан)

В.А. Кескинов, к.т.н., доцент (Россия)

Е.А. Колос, д.э.н., доцент (Казахстан)

В.П. Колпакова, д.т.н., доцент (Казахстан)

К.К. Комбаев, Dr.PhD (Казахстан)

Н.А. Куленова, к.т.н., асс. профессор (Казахстан)

Г.В. Кустарев, к.т.н., профессор (Россия)

С.В. Мамяченков, д.т.н., профессор (Россия)

О.А. Манцуров, полковник (Казахстан)

М.А. Мизерная, к.г.-м.н., доцент (Казахстан)

С.И. Миргородский, к.т.н., доцент (Казахстан)

М. Млынчак, Dr. hab, профессор (Польша)

Ж.С. Оналбаева, Dr.PhD (Казахстан)

С.В. Плотников, д.ф.-м.н., профессор (Казахстан)

А.Д. Погребняк, д.ф.-м.н., профессор (Украина)

Н.В. Прохоренкова, Dr.PhD (Казахстан)

М.А. Саденова, к.х.н., доцент (Казахстан)

Я. Стрычек, Dr. hab, профессор (Польша)

Б.В. Сырнев, д.т.н., профессор (Казахстан)

З.К. Тунгушбаева, к.т.н. (Казахстан)

Г.К. Уазырханова, Dr.PhD (Казахстан)

Н.А. Чарыков, д.х.н., профессор (Россия)

В.Ю. Чернавин, к.т.н., профессор (Казахстан)

Ю.Н. Шапошник, д.т.н., профессор (Россия)

ISSN 1561-4212

© Восточно-Казахстанский
государственный технический
университет им. Д. Серикбаева,
2020



МРНТИ 38.33

Б.Б. Амралинова¹, В.С. Портнов², А. Амангелдіқызы²,¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск²Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда**ПУТИ НАКОПЛЕНИЯ Ge В УГЛЯХ КАРАГАНДИНСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА**

В статье рассмотрено изменение степени германиености углей в зависимости от различных факторов, а также установлены закономерности распространения германия в углях Карагандинского угольного бассейна.

Мақалада көмірдің германийлік дәрежесінің әртүрлі факторлардан өзгеруі, сондай-ақ Қарағанды көмір бассейнінің көмірлерінде германий үлестіру заңдылықтары белгіленеді.

The article discusses the change in the degree of germaniumness of coal from various factors, and also establishes the patterns of distribution of germanium in the coals of the Karaganda coal basin.

Ключевые слова: германиеносность, уголь, Карагандинский угольный бассейн.

В результате многочисленных экспериментов и исследований установлено (Юдович Я.Э.), что германий в углях может содержаться в шести различных формах: физически сорбированный на органическом веществе; связанный с гуминовыми кислотами в виде простых гуматов и фульватов; связанный с гуминовыми кислотами в виде комплексных гуматов (хелатов); в виде германийорганических соединений; в пороодообразующих силикатах; в сульфидах).

Изучение германиености углей Центрального Казахстана было начато в 1952 г. Центрально-Казахстанским геологическим управлением, а в 1953 г. было проведено исследование по изучению минеральных примесей Казахским горно-металлургическим институтом [4].

Карагандинский бассейн делится на 4 угленосных района (с запада на восток): Тентекский, Шерубай-Нурунский, Карагандинский и Верхне-Сокурский (рис. 1).

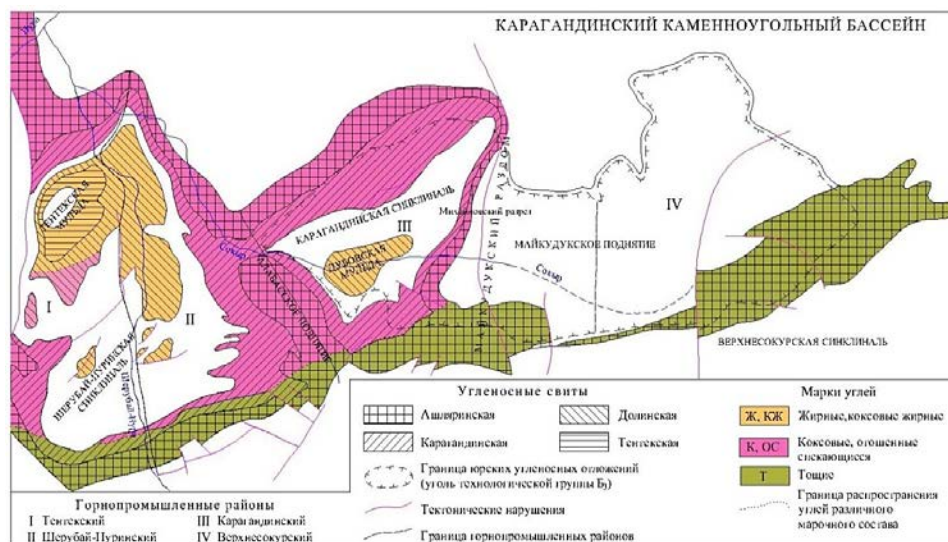


Рисунок 1 – Схема Карагандинского угольного бассейна

В продуктивных отложениях карбона выделяется 7 свит: аккудукская, ашлярикская, карагандинская, надкарагандинская, долинская, тентекская.

Отложения юрского возраста, которые развиты в Верхне-Сокурском, Карагандинском и Тентекском районах, разделяются на 5 свит, из них промышленную угленосность содержат михайловская свита в Карагандинском районе и дубовская свита в Верхне-Сокурском и Карагандинском районах [9].

В табл. 1 дана характеристика угольных пластов долинской свиты Карагандинского, Верхне-Сокурского и Тентекского районов, полученная с использованием результатов исследований [9]. По каждому пласту представлены значения средней зольности (A^d , %), средней мощности пласта (м), коэффициент встречаемости (K_v , %), количество проб по группам содержаний Ge (%). По средним содержаниям Ge сформированы три группы 0-1, 2-3, 4-6 г/т.

Рассмотрим особенности распределения Ge в разрезе угленосных районов. В Карагандинском угленосном районе вскрыты все свиты кроме тентекской, ашлярикской и шаханской. В углях ашлярикской свиты германий не был обнаружен (41 проба). Для углей карагандинской свиты средний коэффициент встречаемости (K_v , %) равен 8,4, характеризуя весьма низкую германиеносность. Установлено закономерное повышение содержания германия с юго-запада к северо-востоку. Так, коэффициент встречаемости для Саранского участка равен 0,2, для основной части Промышленного участка – 3,5 и для его крайней северо-восточной части – 34 [9].

Таблица 1

Германиеносность углей долинской свиты по участкам Карагандинского и Шерубай-Нурунского угленосных районов

Индексы пластов	Дубовский участок Карагандинского района						Караджаро-Шаханский участок Шерубай-Нурунского района					
	Средняя A^d угля, %	Средняя раб. мощн. пластов, м	K_v , %	Кол-во проб по группам содержания Ge, %			Средняя A^d угля, %	Средняя раб. мощн. пластов, м	K_v , %	Кол-во проб по группам содержания Ge, %		
				0,001	0,002-0,003	0,004-0,006				0,001	0,002-0,003	0,004-0,006
Д0	17	0,70	64	29	64	7	-	-	-	-	-	-
Д1	20	1,40	61	68	18	14	-	-	-	-	-	-
Д1-2	-	-	-	-	-	-	25	2,00	50	86	14	-
Д2	15	2,2	59	78	17	5	-	-	-	-	-	-
Д3	15	1,5	65	82	18	-	21	0,70	24	100	-	-
Д4	14	1,00	67	70	20	10	19	1,00	44	100	-	-
Д5	13	1,4	100	-	100	-	0	1,00	78	93	7	-
Д6	-	-	-	-	-	-	17	4,60	55	95	5	-
Д7	-	-	-	-	-	-	20	1,20	68	96	4	-
Д8	-	-	-	-	-	-	27	1,05	60	83	17	-
Д9	-	-	-	-	-	-	19	1,05	83	64	27	9
Д10	-	-	-	-	-	-	17	1,00	60	17	67	16
Д11	-	-	-	-	-	-	14	1,30	78	14	58	28

Угли долинской свиты (Дубовский участок) характеризуются самым высоким коэффициентом встречаемости (62 %) среди всех изученных угольных месторождений карбонового возраста Центрального Казахстана (бассейны: Карагандинский, Экибастузский; месторождения: Борлы, Куу-Шоки, Самарское) [9].

Самый высокий K_v в данном угленосном районе имеют пласты Д3 и Д4 (65-67 %) при зольности 14-15 % и самые низкие значения K_v имеют пласты Д1 и Д2 (61-59 %) при зольности 20-15 %. Самый мощный (2,2 м) пласт Д2 дает минимальный K_v , равный 59 %.

По группам содержаний Ge в угле долинской свиты Карагандинского угленосного района 65 % приходится на 0-1, 27 % на 2-3 и 8 % на 4-6. Эти показатели также самые высокие из всех месторождений Центрального Казахстана.

В углях михайловской свиты (юра) германий не встречен [9].

В Шерубай-Нуринском районе развиты все угленосные свиты, кроме шаханской.

Угли карагандинской свиты (Центральный, Северный и Южный участки) практически не содержат Ge. K_b этих участков соответственно равны 0,2 и 2,5 [9].

В углях долинской свиты данного района K_b повышается с 50 % с юга (Долинский участок) и до 68 % на север Караджаро-Шаханский.

На Караджаро-Шаханском участке высокие значения K_b имеют малозольные угли пластов д₅; д₉; д₁₁, который соответственно равен 78; 83; 78 % при зольности 20; 19; 14 %, при этом с ростом зольности (21-27 %) K_b не превышает 60 %. Исключением является самый мощный пласт долинской свиты д₆ (3,5-5 м) при зольности 17 % K_b равен 55 %. По группам содержаний Ge в угле 84 % приходится на группу 0,001, 13 % на 0,002-0,003 и 3 % на группу 0,004-0,006 (табл. 1).

На Долинском участке Шерубай-Нуринского района пласты д₇-д₁₁ имеют весьма ограниченное площадное распространение, в связи с чем мало опробованы [9]. Пласты д₁, д₂, д₄ и д₅ имеют самый высокий K_b на описываемом участке, который колеблется в пределах 59-60 % при зольности 14-21 %. Самый низкий K_b имеют пласты д₃ и д₆: первый имеет малую мощность (до 1 м), но высокую зольность – 25 %; второй – 15 % зольности при мощности 5-6 м. В процентном соотношении по группам содержаний Ge в угле 69 % приходится на группу 0,001, 28 % на 0,002-0,003 и 3 % на 0,004 и выше.

Таблица 2

Германиеносность углей долинской свиты по участкам Шерубай-Нуринского и Тентекского угленосных районов

Индексы пластов	Долинский участок Шерубай-Нуринского района						Тентекский район					
	Средняя A ^d угля, %	Средняя раб. мощн. пластов, м	K _b , %	Кол-во проб по группам содержания Ge, %			Средняя A ^d угля, %	Средняя раб. мощн. пластов, м	K _b , %	Кол-во проб по группам содержания Ge, %		
				0,001	0,002- 0,003	0,004- 0,006				0,001	0,002- 0,003	0,004- 0,006
Д ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Д ₁	14	1,20	59	58	35	7	-	-	-			
Д ₁₋₂	-	-	-	-	-	-	19	1,90	36	82	14	4
Д ₂	20	1,05	59	73	25	2	-	-	-		-	-
Д ₃	25	0,75	20	100	-	-	21	0,70	29	78	11	11
Д ₄	19	1,10	66	69	28	3	20	0,90	37	68	32	-
Д ₅	21	1,40	60	73	27	-	21,5	1,10	49	80	13	3
Д ₆	15	5,90	20	82	12	6	15	5,50	35	73	25	2
Д ₇	19	1,20	50	67	33	-	20	1,00	45	62	38	-
Д ₈	25	1,00	50	100	-	-	28	0,80	47	63	31	6
Д ₉	16	1,25	50	50	50	-	20	1,10	54	60	35	5
Д ₁₀	15	1,00	67	100	-	-	17	2,00	56	57	43	-
Д ₁₁	24	1,60	-	-	-	-	21	1,30	43	50	50	-

В Тентекском угленосном районе вскрыт полный разрез карбона.

В углях ашлярикской свиты германий не встречен. Коэффициент встречаемости для пластов карагандинской свиты равен 16,6 %.

Для углей долинской свиты средний K_b равен 40 %, резко возрастающая в северном направлении. Самый высокий K_b имеют малозольные угли (17-20 %) пластов д₉ и д₁₀ (54-56).

Самым низким K_b характеризуются пласты д₃-д₆ – 29-35 %. Зольность пласта д₃ составляет 21 %. Пласт д₆ имеет невысокую зольность 15 %, но большую мощность 5-6,5 м.

Зольные угли тентекской свиты данного района характеризуются несколько более низким K_b по сравнению с долинской свитой ($K_b - 37\%$).

Самый высокий K_b в этой свите имеют пласты $t_2 - 100\%$ и $t_{10} - 80\%$. Самый низкий K_b имеют пласты t_5 и t_{12} при зольности соответственно 25 и 37 %. Пласт t_5 имеет большую мощность 3,5 м (табл. 3).

Таблица 3
Германиеносность углей тентекской свиты Тентекского угленосного района

Индексы пластов	Средняя A^d угля, %	Средняя раб. мощн. пластов, м	Общее кол-во проб	Кол-во проб с Ge	K_b %	Количество проб по группам содержания Ge, %		
						0,001	0,002-0,003	0,004-0,006
t_1	18	1,2	20	10	50	70	30	-
t_2	30	0,3	4	4	100	75	25	-
t_3	21	2,0	63	18	29	67	28	5
t_4	27	1,4	22	7	32	71	29	-
t_5	25	3,5	28	6	21	100	-	-
t_6	22	0,8	15	4	27	50	50	-
t_7	26	1,2	16	5	31	80	20	-
t_9	23	1,5	13	9	69	44	45	11
t_{10}	30	0,3	5	4	80	100	-	-
t_{11}	30	0,9	5	3	60	67	-	33
t_{12}	37	1,6	22	6	27	100	-	-
t_{15}	27	1,3	5	3	60	33	67	-
t_{17}	30	0,9	9	4	44	75	25	-
Итого			27	63	37	69	27	4

Угленосность Верхне-Сокурского района приурочена к дубовской свите, содержащей на юге один пласт сложного строения с мощностью угольной массы 3-19 м. К северу он расщепляется на 4 самостоятельных пласта, имеющих мощности в пределах 1-5 м каждый.

Угли плотные, зольность 10-20 %, K_b равен 21 %. Можно отметить, что чем тоньше угольные пачки, которые слагают пласт, тем выше в них становится значение K_b [9]. Например: для угольных пачек мощностью 0,05-0,30 K_b равен 70 %, для пачек, мощность которых составляет 2 м и более, K_b равен 23 % (табл. 1).

В ряде работ установлена прямо пропорциональная зависимость между содержанием германия и выходом летучих веществ, а также толщиной пластического слоя. С увеличением степени метаморфизма (и соответственно уменьшением выхода летучих веществ) снижается содержание германия. Наибольшее количество германия приурочено к пластам угля низкой степени метаморфизма (марки Д, ДГ, Г) [8]. По результатам корреляционного анализа с расчетом линейного коэффициента Пирсона (рис. 2) слабая корреляция между содержанием Ge и выходом летучих компонентов наблюдается в углях долинской свиты Караджаро-Шаханского участка Шерубай-Нуринского района.

По результатам проведенных исследований установлено, что степень германиеносности определяется:

- положением пласта в разрезе, его мощностью, зольностью и петрографическим составом углей;
- составом и возрастом пород, слагающих борта месторождения;
- удаленностью участка от области питания.

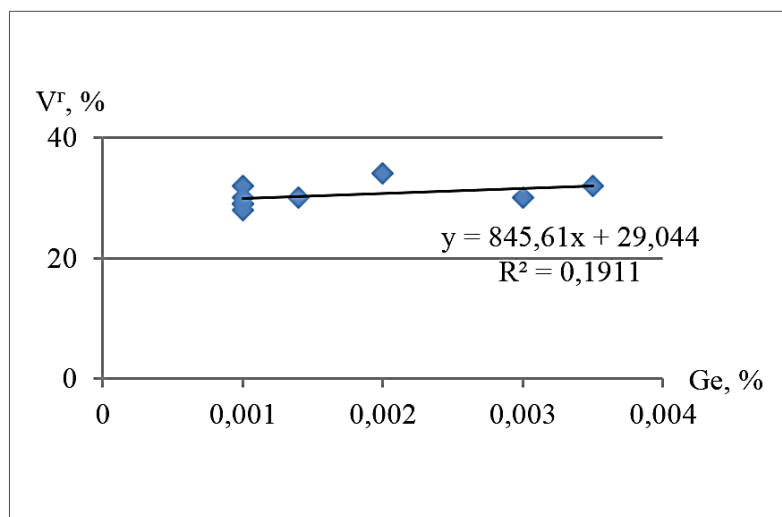


Рисунок 2 – График зависимости содержаний Ge от выхода летучих веществ (V_r) в углях долинской свиты Караджаро-Шаханского участка Шерубай-Нурунского района

Были определены следующие закономерности распространения германия в углях Карагандинского угольного бассейна:

1. Установлено, что степень германиености углей увеличивается вверх по стратиграфическому разрезу. В углях ашлярической свиты Ge либо совсем не обнаружен, либо содержится в количествах значительно меньших, чем в вышележащих свитах.

В карагандинской свите Ge содержится в ничтожных количествах, но больших, чем в ашлярической свите. K_v для этой свиты составляет 0,2-22,0 %, для углей долинской свиты K_v – 40,0-62 % и для тентекской – 37 %. Некоторое снижение этой величины для углей тентекской свиты объясняется их повышенной зольностью.

В долинской свите K_v в целом также возрастает вверх по разрезу от 36 % для пласта D_{1-2} до 56 % для пластов D_9 - D_{10} в Тентекском районе и соответственно от 20-24 % до 78-83 % на Караджаро-Шаханском и Долинском участках Шерубай-Нурунского района.

Эта закономерность возможно объясняется различным положением эрозионного среза в области питания во время накопления угленосных отложений [9].

Германиеносные породы были очевидно сосредоточены в глубинных частях некогда крупных высокогорных массивов, обрамляющих Карагандинскую впадину. Во время накопления осадков нижних угленосных свит процессам эрозии подвергались внешние части этих массивов, лишенные или почти лишенные германия. По мере понижения денудационного среза, постепенно обнажались глубинные части массивов, богатые германием, что и обусловило повышение степени германиености верхних угленосных свит.

2. Степень германиености увеличится с уменьшением зольности угля. Как упоминалось выше, зольные (20-40 %) угли ашлярической и карагандинской свит практически не содержат германия. В углях долинской свиты K_v для наиболее зольных пластов (d_3 , d_8) составляет 20-0, в то время как для наименее зольных пластов (d_9 - d_{10}) он равен 57-83 %. В углях тентекской свиты, имеющих повышенную зольность, K_v снова уменьшается (37 %), но повышается в пластах с малой зольностью до 50-69 %.

На рис. 3 приведен характер изменения зольности и средних содержаний Ge (в угле и золе) в угленосных свитах Карагандинского угольного бассейна по Т.М. Азизову (данные полуколичественного спектрального анализа) [12].

В целом для углей долинской свиты Карагандинского бассейна влияние зольности на степень германиености выражается следующим образом (табл. 3).

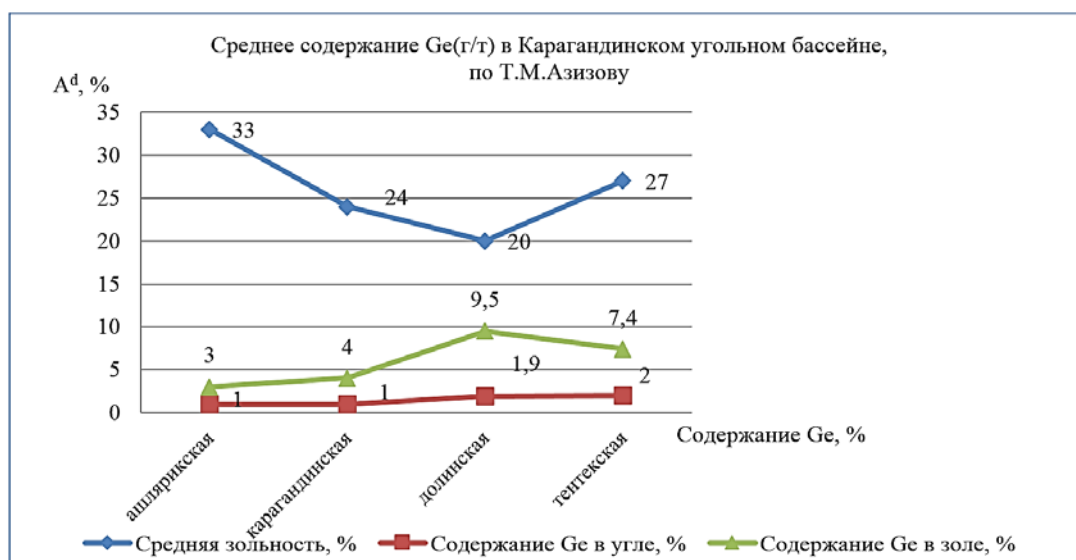


Рисунок 3 – Среднее содержание Ge в угленосных свитах Карагандинского угольного бассейна по Т.М. Азизову

Таблица 3

№ п/п	Район, участок, свита	Коэффициент встречаемости, в %		
		А ^с до 10 %	А ^с 10-20 %	А ^с 20-30 %
1	Карагандинский угленосный район, Дубовский участок долинская свита (80 проб)	100	74	62
2	Чурубай-Нуринский район, Караджаро-Шаханский участок, долинская свита (160 проб)	93	59	40
3	Чурубай-Нуринский район, Долинской участок, долинская свита (265 проб)	55	51	49
4	Тентекский район, долинская свита (238 проб)	67	38	35
5	Тентекский район, тентекская свита (76 проб)	-	65	39

3. Установлено, что степень германиеносности увеличивается с уменьшением мощности пластов. Наиболее мощные пласты долинской и тентекской свит (Д₁₋₂, Д₆ и Т₅) дают меньшее количество результативных проб (20-57 %), чем маломощные пласты Д₅, Д₉ (78-83 %) (табл. 1) [9].

Исключением является Д₁₋₂ на Долинском участке, где К_в составляет 59 %, что объясняется его малой зольностью (14 %) [9].

Отдельные нерабочие прослои (например, Т₂ и Т₁₀) в тентекском районе характеризуются почти стопроцентным К_в германия [9].

К_в германия в угольных пластах Верхнесокурского района увеличивается с уменьшением мощности угольных пачек.

Таблица 4

Коэффициент встречаемости (%) мощности пачек (м)			
0,05-0,30	0,30-1,0	1,00-2,00	Свыше 2,0
70	31	28	23

Наиболее гелифицированные угли долинской свиты (пласты D_9, D_{10}), дающие наиболее высокий процент результативных проб (60-83 %), представлены клареновыми углями. Дюрено-клареновые и кларено-дюреновые угли пластов D_3, D_8 характеризуются наименьшими K_v (20-47 %). В целом угли при содержании витринизированного вещества в 75-85 % дают K_v , равный 50-55 %, а при содержании в 60-70 % K_v равен 40 %. Матовые дюреновые и кларено-дюреновые угли карагандинской и ашляриксской свит дают минимальные K_v и содержания Ge. Это полностью согласуется с известным положением, что концентрация Ge в углях обуславливается захватом Ge гелем гумусовых кислот из водных растворов в период разложения исходного растительного материала [9, 10, 11].

По результатам металлометрического опробования, проводившегося в процессе геологической съемки (масштаба 1:50000) девонского обрамления Карагандинского бассейна, было установлено, что Ge присутствует только в массиве эффузивных пород (D_{1-2}), находящемся в 15-20 км к северо-востоку от Караджаро-Шаханского участка Шерубай-Нуринаского района. Этим и объясняется повышенное содержание Ge в углях северной части Караджаро-Шаханского участка ($K_v = 75 \%$), наименее удаленной от области питания, а также значительно большая германиеносность углей северной части Тентекского района по сравнению с южной. По той же причине угли Караджаро-Шаханского участка долинской свиты Шерубай-Нуринаского района более богаты по сравнению с их аналогами в тентекском районе [9, 10, 11].

В период накопления осадков карагандинской свиты источником Ge, видимо, служили эффузивные породы девона, слагающие Майкудукский массив. Данный вывод подтверждается резким увеличением степени германиеносности углей карагандинской свиты по мере приближения к этому массиву (восточная часть Промучастка Карагандинского района).

Интересно то, что из всего многообразия эффузивных пород девона Ge приурочен только к миндалекаменным порфиридам и совершенно отсутствует в альбитофирах, кварцевых порфиридах и т.п. [9,10,11].

Проведенными исследованиями установлено, что из всех угленосных свит Карагандинского бассейна наибольший интерес по степени германиеносности представляют угли долинской свиты.

Список литературы

1. Масленко Ю.В., Мальченко А.К. Германий, как попутное сырье при добыче угля. – Донецк: ДонНТУ, 2004.
2. Куш О.А., Бурлуцкий Н.С. Германий как попутное сырье. – Донецк: ДонНТУ, 2006.
3. Сафонов А.А., Парафилов В.И., Маусымбаева А.Д., Ганеева Л.М., Портнов В.С. Микрокомпонентный состав углей Центрального-Казахстана // Уголь. – Сер. Качество углей. – 2018. – 75 с.
4. A.V. Naumov World market of germanium and its prospects Russian Journal of Non-Ferrous Metals 48(4):265-272 August 2007. DOI: 10.3103/S1067821207040049
5. Клер В.Р., Ненахова В.Ф., Сапрыкин Ф.Я. и др. Металлогения и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР. Закономерности концентрации элементов и методы их изучения. – М.: Наука, 1988. – 256 с.
6. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Германий в углях. – Сыктывкар, 2004. – 216 с.
7. Вышарь О.В., Вышарь М.В., Станевич В.Т., Данилов В.И. Исследование вскрышных пород Экибастузского угольного бассейна // Publishing house Education and Sciences.r.o., 2014. – 75 с.
8. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Ценные элементы-примеси в углях. – Екатеринбург: УРО РАН, 2006. – 538 с.
9. Изучение германиеносности углей Центрального Казахстана: Промежуточный отчет / Центрально-Казахстанское геологическое управление. – Караганда, 1959.
10. Ya. E Yudovich, Notes on the marginal enrichment of Germanium in coal beds // International Journal of Coal Geology. – Vol. 56. – Issues 3-4. – December, 2003. – P. 223-232.
11. Арбузов С.И., Чекрыжов И.Ю., Сунь Юйчжуан, Жао Цунлянь, Машенькин В.С., Ильенок С.С., Иванов В.В., Блохин М.Г., Зарубина Н.В. Редкоземельные элементы (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) в углях Северной Азии (Сибирь, российский Дальний Восток, Северный Китай, Монголия, Казахстан) // Геосферные исследования. – 2017. – № 4. – DOI: 10.17223/25421379/5/1
12. Элементы-примеси в месторождениях Казахстана: Справочник / Под ред. А.А. Абдуллина и др. – Алматы ИАЦ ГПР РК, 1999. – Т. II. – 144 с.

Получено 07.02.2020

УДК 630.182.2:574.472

Л.И. Байтлесова¹, Л.Н. Завадская¹, К.Х. Кенесарина¹¹Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г. Уральск**ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ
(НА ПРИМЕРЕ ЗЕЛЕНОВСКОГО РАЙОНА И ОКРЕСТНОСТЕЙ ГОРОДА УРАЛЬСКА)**

В статье представлены данные о типах местообитаний (степные, пойменные участки, агроценозы, байрачные леса, участки мелов, лесополосы и др.) на территории Западно-Казахстанской области, представляющих интерес для изучения флоры и растительности, сохранения биоразнообразия. Отмечены участки, которые являются перспективными для выделения на них ключевых ботанических территорий.

Мақалада Батыс Қазақстан облысының аумағында өсімдіктер мен флораны зерттеу, биоалуантүрлілікті сақтауға қызығушылық тудыратын мекендейтін жерлердің түрлері (дала, сұтасқыны аудандары, агроценоздар, тұқымдық ормандары, бордақылау алаңдары, орман алқаптары және т.б.) туралы деректер берілген. Оларға негізгі ботаникалық аумақтарды бөлу үшін перспективалы болып табылатын учаскелер белгіленді.

The article presents data on habitat types (steppe, floodplain areas, agrocenoses, bayrachny forests, chalk areas, forest belts, etc.) in the territory of West Kazakhstan region, which are of interest for studying flora and vegetation, and biodiversity conservation. Selected areas that are promising for the selection of key botanical areas.

Ключевые слова: биоразнообразие, растительные сообщества, Красная книга Казахстана

В современных условиях развития цивилизации в сфере изучения и сохранения биоразнообразия крайне актуальны проблемы унификации флор и фаун (в результате проникновения чужеродных видов на новые территории) и исчезновения редких и исчезающих видов растений и животных. Попытки решения этих проблем должны предприниматься в комплексе.

Сохранение биоразнообразия видов животных и растений, сообществ и экосистем – неотъемлемая составная часть Концепции перехода человечества на принципы устойчивого развития. Исходя из текущей ситуации и международных обязательств, видение процесса сохранения и устойчивого использования биоразнообразия в Казахстане включает в себя формирование репрезентативной национальной экологической сети, способной обеспечить сохранение биоразнообразия; мероприятия по сохранению и восстановлению редких и находящихся под угрозой исчезновения видов; комплексное рациональное и устойчивое использование компонентов биоразнообразия и др. (Калмурзаева, 2017).

Западно-Казахстанская область является хорошо освоенным в хозяйственном отношении регионом Казахстана. В последние годы бурное развитие нефтяной и газовой промышленности повлекло за собой широкое строительство нефте-, газо- и трубопроводов, промышленных объектов, авто-и железных дорог. Все это негативно влияет на растительный покров ландшафтов, так как происходит не только сокращение, но и полное уничтожение своеобразных степных, байрачных и др. сообществ и формирование на их месте новых сообществ, которые теряют свою устойчивость и способность к самовозобновлению. Актуальные проблемы изучения и сохранения биоразнообразия представляются и для пограничных территорий, и для территорий крупных городов и их окрестностей. Индикатором деградации биоразнообразия служит состояние растительного покрова – основного звена биосферы, осуществляющего аккумуляцию солнечной энергии, синтез органики, регуляцию газового, водного баланса биосферы, способствующего стабилизации рельефа, почвообразованию, препятствующего эрозии.

Западно-Казахстанская область находится на северо-западе Республики Казахстан, расположена в центральной части Евразии на стыке Евроазиатской степной и Сахаро-Гобинской пустынной областей. Здесь проходят важные подзональные рубежи: северные, средние и южные типчаково-ковыльные степи, сменяются умеренными пустынями (Каталог ..., 2011). По растительному и почвенному покрову область содержит элементы трех зон: настоящие степи на севере области, пустынные степи (полупустыня) в средней части, через южную часть области проходит граница пустынь. Описанное положение территории области обеспечивает богатство флоры: для флоры об-

ласти в целом указывается более 1256 видов высших сосудистых растений, среди которых более 24 видов включены в Красную книгу Казахстана (1981, 2010) и более 180 видов – в Зеленую книгу Западно-Казахстанской области (Петренко и др., 2011). Результаты исследования (Мырзагалиева, Станис) в 2016 году показали, что из 387 видов растений, включенных в Красную книгу Казахстана (том 2 растения, часть 1), на территории Западно-Казахстанской области произрастают 36 видов растений (10 % из всех «краснокнижных» растений Республики Казахстан), относящихся к 19 семействам. 9 видов из 36 были представлены в Красной книге СССР, 21 вид – в Красной книге Казахской ССР.

Рельеф территории равнинный, высота над уровнем моря снижается с северо-востока на юго-запад области. Почвы тёмно-каштановые, каштановые, светло-каштановые глинистые и солонцы. Преобладает злаково-разнотравная, злаково-полынная, полынно-житняковая растительность. В южных районах встречаются бурые почвы, солонцы и солонцовые почвы, есть массивы песков. На севере – типчаково-ковыльные степи, вдоль реки Урал и дорог созданы лесозащитные полосы – тополь, ива, дуб, береза, вяз, сосны и др., на юго-западе также выращивают сосны. Климат резко континентальный с холодной зимой и жарким сухим летом, поздними осенними и ранними весенними заморозками, зимними оттепелями и недостаточным неустойчивым атмосферным увлажнением. Формирование климата происходит под воздействием континентальных воздушных масс умеренных широт, однако свободно проникают как арктические, так и тропические воздушные массы Средней Азии. В течение всего года дуют сильные ветры, летом часты суховеи. Средняя температура января до -14°C , июля до $+25^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков от 250 мм на юге региона, а до 400 мм на севере.

Зеленовский район расположен в северной части Западно-Казахстанской области, граничит с Самарской (Большечерниговский район), Саратовской (Озинский, Перелюбский районы) и Оренбургской (Первомайский, Ташлинский районы) областями Российской Федерации. По территории района проходят 3 международных трассы: Самара-Шымкент, Уральск-Саратов и Атырау-Самара, а также железная дорога Киев-Москва и Ташкент-Саратов. Рельеф территории представляет собой пересеченную реками, балками и суходолами низменную равнину на юге и волнисто-увалистую на севере (водораздел отрогов Большого Сырта) с высотами до 100 и более метров. На территории района протекает река Урал.

В Зеленовском районе находится г. Уральск – областной центр, через который проходят многие транспортные пути, связывающие как населенные пункты внутри Республики, так и Республику с внешними соседями. Именно транспорт является одним из главнейших агентов переноса диаспор чужеродных видов растений и животных за пределы их ареала. Уральск расположен на правом берегу среднего течения реки Урал и на левом берегу нижнего течения реки Чаган, в степной равнине с высокими и крутыми речными ярами. Правый приток Чагана – река Деркул, протекает рядом с городом и его пригородом – посёлком Деркул. Самая высокая возвышенность – Свистун-гора, расположенная между пригородными посёлками Зачаганск и Круглоозёрное.

Таким образом, только в окрестностях г. Уральска на относительно небольшой площади сосредоточено несколько типов местообитаний (степные, пойменные участки, агроценозы, байрачные леса, участки мелов, лесополосы и др.), каждое из которых интересно с точки зрения изучения флоры и растительности, сохранения биоразнообразия. Некоторые участки являются весьма перспективными для выделения на них ключевых ботанических территорий (Андерсон, 2003), основная задача которых – выявить и защитить наиболее важные участки и места обитания особо ценных видов.

Во флоре степных участков может присутствовать более 310 видов высших сосудистых растений (Мендыбаев, 2010); таксономическая структура флоры соответствует флорам умеренных широт голарктического флористического царства; по спектру ведущих семейств флора близка к степной флоре, находящейся в Евразийской степной области. При изучении путем хорологического (географического) анализа географической специфики флоры выявляется более 20 элементов (широкоарельные и миграционно-генетические элементы, а также виды с ограниченными ареалами); выявлено до 10 % от общего числа видов редких и охраняемых видов.

Во флоре байрачных дубрав, расположенных в крупных оврагах и балках среди типчаково-ковыльных степей Подуральского плато и Общего Сырта, зарегистрировано более 190 видов растений (Воронкова, 2012), среди которых 14 являются редкими, занесенными в Красную книгу Казахстана (1981) и Зелёную книгу Западно-Казахстанской области (Петренко и др., 2001).

В белотопольниках и осокорниках в среднем течении реки Урал из-за падения уровня грунтовых вод, сухости климата, пожаров, антропогенного и техногенного воздействия в последние годы наблюдается сокращение площади лесных экосистем и обеднение в отношении видового состава (Дарбаева, Чукалина, 2011). Все ниши пойменного леса занимают кленовые и ясенево-сообщества – антропогенные новые вторичные сообщества, образованные чужеземными видами.

Агроэкосистемы включают в себя созданные и регулируемые человеком пашни, сады, лесопарковые насаждения, почвозащитные и придорожные лесополосы, залежи, улучшенные пастбища и т.д. Большие площади пастбищ, прилегающих к населенным пунктам, ввиду нерационального использования классифицируются как деградированные.

Нерациональное использование и процессы деградации, происходящие на пастбищах и сенокосах, оказывают отрицательное воздействие и делают эти виды очень уязвимыми. К основным причинам следует отнести отрицательное влияние антропогенной деятельности и изменения условий местообитания. Соответственно, на деградированных участках биоразнообразие снижено и резко трансформировано по сравнению с естественными ландшафтами (Калмурзаева, 2017).

В условиях нарастающих темпов экономического развития страны и усиления использования природных ресурсов актуальным становится вопрос дальнейшего совершенствования системы территориальной охраны природы. В 1997 г. была провозглашена Стратегия развития Республики Казахстан до 2030 г., объявившая, что «Казахстан до 2030 г. должен стать чистой и зеленой страной, со свежим воздухом и прозрачной водой». Одним из инструментов достижения этих целей является создание системы ООПТ (Байдулова, Булатова, 2011).

Согласно Конвенции «Об охране Всемирного культурного и природного наследия» в пределах отдельной страны, административного региона необходимо составить кадастр природных объектов конкретной территории. Система особо охраняемых природных территорий является важным механизмом для сохранения и устойчивого развития экологической системы, а вследствие этого и видового разнообразия как животного, так и растительного мира.

Сохранение фиторазнообразия территорий является основой сохранения биоразнообразия на разных уровнях для континентальных экосистем. При этом биоразнообразие в наименьшей степени подвергается уменьшению на правильно организованных особо охраняемых природных территориях. В Западно-Казахстанской области в настоящее время отсутствуют особо охраняемые природные территории со строгим режимом охраны. В пределах территории области выявлено более 200 объектов природного наследия, которые имеют официальный статус, в том числе 3 объекта государственных заказников республиканского значения, 5 заказников и 2 памятника природы областного значения общей площадью более 460 тыс. га (Рамазанов, 2012). За последние годы для охраны флоры и фауны подготовлены проекты государственных природных резерватов: «Бокейорда», «Алтын Дала» и др. Наиболее перспективной, по мнению многих ученых (Петренко и др., 2001; Чибилев, 2015 и др.), является форма особо управляемых степных территорий, обеспечивающая сохранение биоразнообразия в процессе щадящего традиционного природопользования.

Список литературы

1. Андерсон Ш. Идентификация ключевых ботанических территорий. Руководство по выбору участков в Европе и основа развития этих правил для всего мира. – М.: Представительство Всемирного союза охраны природы (IUCN) для России и стран СНГ, 2003. – 40 с.
2. Байдулова Л.А., Булатова К.Б. Проблемы сохранения живого наследия Кирсановского заказника Западно-Казахстанской области // Вестник КазГУ. 2011. – Режим доступа: <https://articlekz.com/article/12099>.
3. Воронкова Е. В. Байрачные дубравы бассейна среднего течения р. Урал как ключевые ботанические территории Западно-Казахстанской области // Поволжский Экологический журнал. – 2012. – №4. – С. 459–463.

4. Дарбаева Т.Е., Утаубаева А.У., Цыганкова Т.А. Растительный мир Западно-Казахстанской области. – Уральск, 2003. – 92 с.
5. Дарбаева Т. Е., Чукалина О. Н. Современное состояние тополевых лесов в среднем течении Урала в пределах Западно-Казахстанской области // Вестник Мордовского университета. – №4. – 2011. – С. 128–133.
6. Калмурзаева Б. С. Сохранение и устойчивое использование биоразнообразия Казахстана // Биология, химия, окружающая среда и медицина: новые технологии, исследования и разработки: Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции. – Казань, 2017. С. 62–66.
7. Каталог растений Западно-Казахстанской области. – Уральск, 2011. – 288 с.
8. Красная книга Казахской ССР. – Ч. 2: Растения. – Алма-Ата, 1981. – 260 с.
9. Красная книга Республики Казахстана. – Алматы: ДПС, 2010. – 322 с.
10. Мендыбаев Е.Х. Характеристика флоры степной зоны Западно-Казахстанской области // Вестник КазГУ. – 2010. – Режим доступа: <https://articlekz.com/article/12101>.
11. Мырзагалиева Ж.Ж., Станис Е.В. Редкие виды растений в пределах особо охраняемых природных территорий степной экосистемы Западно-Казахстанской области // Международный научно-исследовательский журнал International Research Journal. – №5 (47). – 2016. – С. 85–87.
12. Петренко А.З., Джубанов А.А., Фартушина М.М. Природно-ресурсный потенциал и проектируемые объекты заповедного фонда Западно-Казахстанской области. – Уральск, 1998. – 176 с.
13. Петренко А.З., Джубанов А.А., Фартушина М.М., Чернышев Д.М., Тубетов Ж.М. Зеленая книга Западно-Казахстанской области. Кадастр объектов природного наследия. – Уральск: Изд-во РИО ЗКГУ, 2001. – 194 с.
14. Петренко А.З., Ли К.А., Дебело П.В. Природа Уральской области и ее охрана: В 2 ч. – 1991.
15. Рамазанов С.К. Природное наследие Северного Прикаспия (на примере Западно-Казахстанской области) // Степи Северной Евразии: Материалы VI Международного симпозиума и VIII Международной школы-семинара «Геоэкологические проблемы степных регионов». – Оренбург: ИПК «Газпромпечат», 2012. – С. 606–609.
16. Чибилёв А.А. Заповедное дело в степной зоне Евразии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – №6 (56). – С. 175–177.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 85.15.15

Б.Е. Жадыкова¹, А.В. Егорина¹, М.И. Кайсина²

¹Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск

²Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БАСЕЙНА РЕКИ КЫЗЫЛСУ В ПРЕДЕЛАХ ТОО «БАКЫРЧИКСКОГО ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ»

В настоящее время в поселке Ауэзов (месторождение Бакырчик) происходит интенсивное развитие горнодобывающей отрасли. В статье проведен анализ экологического состояния бассейна реки Кызылсу в пределах территории ТОО «Бакырчикского горнодобывающего предприятия». По результатам выполненного анализа и количественного расчета установлено, что значения концентраций загрязняющих веществ, обусловленных деятельностью объекта, не превышают допустимые нормативы. Выявлен перечень источников, дающих наибольший вклад в загрязнение бассейна реки Кызылсу.

Қазіргі уақытта Әуезов кентінде (Бақыршық кен орны) тау-кен өндіру саласы қарқынды дамуда. Мақалада «Бақыршық тау-кен өндіру кәсіпорны» ЖШС аумағы шегінде Қызылсу өзені бассейнінің экологиялық жағдайына талдау жүргізілді. Орындалған талдау және сандық есептеу нәтижелері бойынша объектінің қызмет етуіне байланысты ластаушы заттар концентрациясының мәні рұқсат етілген нормативтерден аспайтыны анықталды. Қызылсу өзені бассейнін ластауға барынша үлес қосатын көздердің тізбесі анықталды.

Now in the settlement of Auezov (Bakyrchik field) there is an intensive development of the mining industry. In article the analysis of an ecological condition of a river basin of Kyzylsu within the territory of Bakyrchik mining enterprise LLP is carried out. By results of the made analysis and the quantitative calculation it is established that values of concentration of the pollutants caused by activity of an object don't exceed admissible standards. The list of the sources giving the greatest contribution to pollution of a river basin of Kyzylsu is revealed.

Ключевые слова: гидрологические характеристики, гидрографическая сеть, санитарно-эпидемиологические требования, предельно-допустимая концентрации, водный кодекс, вредные вещества.

Территория района месторождения Бакырчик характеризуется относительно развитой гидрографической сетью. Густота речной сети территории исследований составляет 0,10...0,15 км². Все водотоки района месторождения Бакырчик являются притоками реки Кызылсу и образуют её бассейн. Гидрографическая сеть района представлена ручьями Холодный Ключ, Жуматайбастау, Акбастабулак, Алайгыр, Кызылту – правобережные притоки р. Кызылсу. Река Кызылсу, в свою очередь, является левобережным притоком реки Иртыш. Орогидрографическая схема территории водосбора левобережья реки Иртыш приведена на рис. 1.

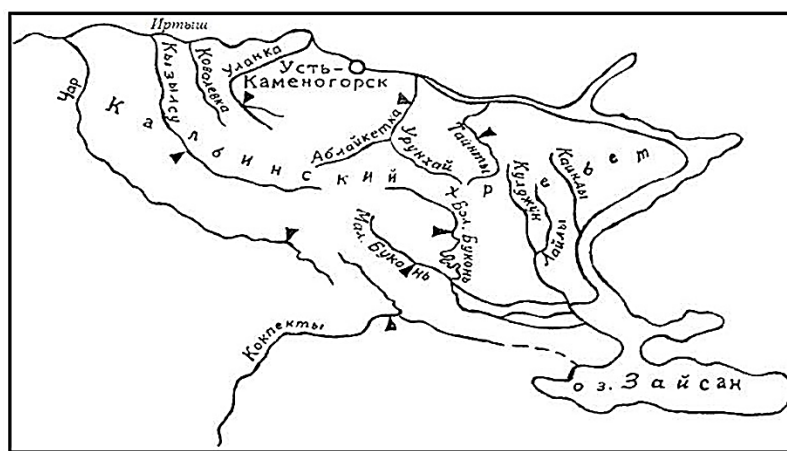


Рисунок 1 – Орогидрографическая схема территории водосбора левобережья р. Иртыш

Река Кызылсу протекает в широкой долине, берет начало на западном склоне Сенташских гор Калбинского хребта, впадает в реку Иртыш, протекая в направлении с юго-запада на северо-восток в 4 км к юго-западу от пос. Ауэзов. Протяженность реки до створа у пос. Шалабай составляет 94 км, площадь водосборного бассейна 1 067 км², сток реки практически полностью формируется за счет снеготалых и дождевых вод: за период наблюдений максимальный расход в паводок достигал 90 м³/с, минимальный – в зимнюю межень 0,03 м³/с (выше устья р. Алайгыр). Сток реки Кызылсу зарегулирован водохранилищем в 7,5 км к югу от пос. Ауэзов. Водоохранилище является источником хозяйственно-питьевого водоснабжения поселка и ТОО «Бакырчикского горнодобывающего предприятия».

На месте слияния ручьев Алайгыр и Безымянный образован водоем площадью 7,6 га. Подпорная дамба в настоящее время прорвана. Глубины достигают 3,5 м, в среднем – 1,5...2,0 м. Водоем замораоопасный. В зимнее время ситуацию спасают только впадающие в него ручьи [5].

Кроме того, в районе месторождения Бакырчик имеется ряд водоемов, образованных в пространствах отработанных карьеров: Дальний-1, Дальний-2, Загадка, карьеров № 2, № 5-6.

Из всех водотоков рассматриваемой территории лишь гидрологические характеристики реки Кызылсу освещены достаточно полно. Здесь более 30 лет действовал пост Казгидромета в с. Остриковка. Карта-схема с нанесением гидрографической сети в районе месторождения приведена на рис. 2.

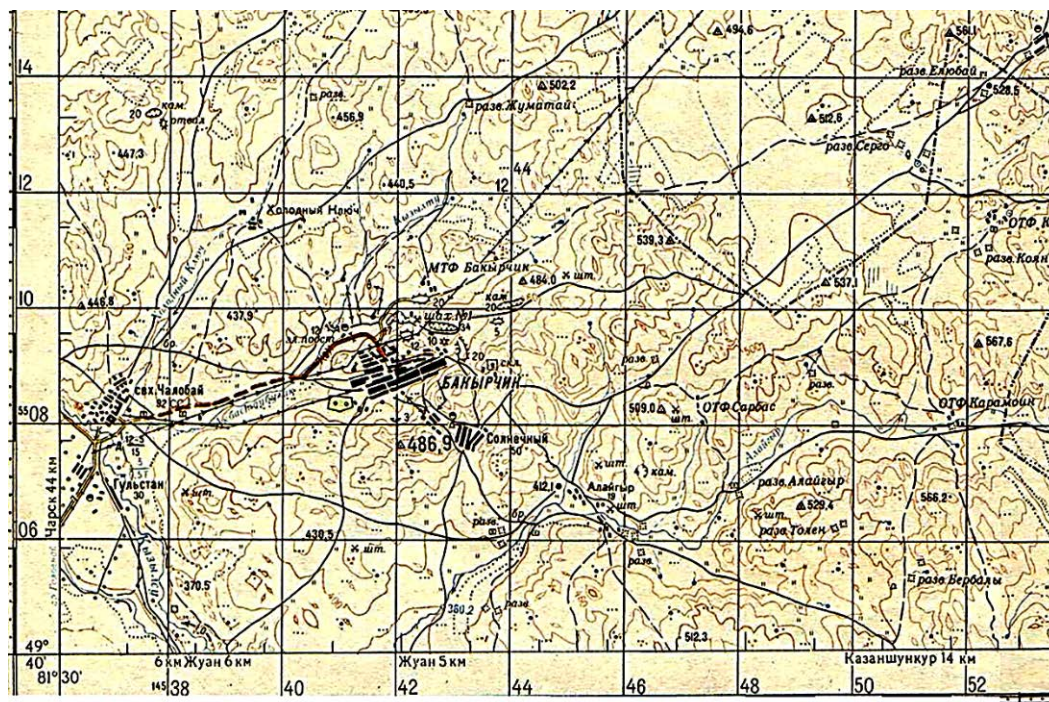


Рисунок 2 – Гидрографическая сеть района месторождения Бакырчик

Особенностями данной территории является наличие участков рек с транзитным стоком и неглубокие русла эпизодически действующих водотоков.

Территория месторождения Бакырчик относится к районам резко выраженного недостаточного увлажнения. Поверхностный сток на водосборах формируется почти исключительно за счёт талых вод. Дождевые осадки только незначительно дополняют снеговое питание в период половодья. В летнее время дефицит влажности воздуха и иссушенность почвы настолько велики, что дождевые осадки почти полностью расходуются на смачивание верхнего слоя почвы и испарение, поэтому практического значения в формировании стока не имеют.

Река Кызылсу является не только местом сброса сточных вод, но и местом отдыха местных жителей, местом рыбной ловли. Естественно, возникает необходимость в знании объективной экологической ситуации речного водоема.

На качество поверхностных вод бассейна реки Кызылсу оказывает значительное влияние хозяйственная деятельность предприятия ТОО «Бакырчикского горнодобывающего предприятия». По качеству вода характеризуется как загрязненная. По результатам анализа был определен состав вод участков Кызылсу; пробы брались на 4-х участках (табл. 1).

Таблица 1

Результаты определения состава вод участков «Кызылсу»

Параметр, мг/дм ³	1э	2э	3э	4э	Водозабор «Кызылсу»
1	2	3	4	5	6
Температура, °C	8,5	10,0	10,3	8,5	21,8
pH	7,8	7,85	7,8	7,6	8,0
Запах (при 20°C), балл	1	2	3	1	2
Привкус, балл	1	0	0	1	0
Цветность, град	48	<20	<20	37,5	20

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Мутность, ЕМФ	2,2	<1,0	<1,0	2,7	2,6
Окисляемость, мг О ₂ /дм ³	0,8	1,12	0,72	1,20	2,0
Жесткость общая, мг-экв/дм ³	5,82	6,21	6,31	6,40	4,46
α-радиакт., Бк/дм ³	0,08	0,06	0,10	0,08	0,06
β-радиакт., Бк/дм ³	<0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1
Сухой остаток	279,0	446,0	452,0	424,0	348,0
Гидрокарбонаты	241,03	262,39	259,33	311,20	213,57
Сульфаты	156,82	123,48	127,18	91,37	87,26
Хлориды	8,22	4,93	5,75	10,68	17,26
Нитраты	0,88	1,47	1,43	<0,10	<0,10
Аммоний солевой	0,125	0,09	0,07	0,48	0,08
Цианиды	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
АПАВ	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Нефтепродукты	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Гамма-изомер ГХЦГ (линдан)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
ДДТ (сумма изомеров)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
2,4 – Д (дихлорфенокси-уксусная кислота)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

В гидрогеологическом отношении характерной чертой района месторождения Бакырчик является напряженный водный баланс территории, связанный с сухостью климата и отсутствием благоприятных геологических условий для накопления существенных запасов подземных вод. Район на значительной площади сложен водонепроницаемыми глинистыми отложениями, которые выполняют пониженные участки рельефа и исключают возможность аккумуляции в них подземных вод, формирующихся в области мелкосопочника. В свою очередь мелкосопочник сложен осадочными породами терригенного происхождения, которые обладают высокой трещиноватостью и, следовательно, аккумулярующей способностью.

Единственным источником питания подземных вод являются атмосферные осадки, выпадающие в данной местности в небольшом количестве (среднегодовое количество осадков по метеостанции Шалабай за период наблюдений с 1991 по 2014 гг. составило 321 мм).

Гидрохимические условия в водоносном горизонте определяются естественными природными факторами – содержанием водорастворимых солей в водовмещающих породах (химико-минералогическим составом), проницаемостью и скоростью фильтрации подземных вод.

На участках, достаточно широко проявленных в районе Бакырчикского месторождения рудопроявлений и зон рассеянной золото-сульфидной минерализации, трещинные воды за счет растворения окисляющихся сульфидов обогащаются сульфатами, подвижными формами мышьяка, железа, марганца, а также незначительными количествами меди, свинца, цинка, кадмия и других микроэлементов [3].

Основной экологический риск реализации проекта связан с близким расположением к водоохраной зоне ручьев карьеров добычи золотоносных руд, складов руды и отвалов.

Минимизация этого риска обеспечивается за счет правильных решений при эксплуатации и ликвидации экологически опасных объектов Бакырчикского горнодобывающего предприятия:

- строительство ограждающих дамб;
- отвод ручьев по водоотводным каналам;
- создание мониторинговой наблюдательной сети за состоянием подземных вод до начала хозяйственной деятельности;
- соблюдение природоохранных требований законодательных и нормативных актов Республики Казахстан (Водный Кодекс, 2009; РНД 1.01.03-94, 1994), внутренних документов и стандартов компании [2];

- контроль за водопотреблением и водоотведением;
- контроль за качеством воды, сбрасываемой в водоемы;
- сбор и безопасная для окружающей среды утилизация всех категорий сточных вод и отходов;
- организация заправки техники ГСМ топливозаправщиком с использованием специальных поддонов, исключающих протекание ГСМ;
- своевременная ликвидация капель и проливов (аварийная ситуация) ГСМ при работе транспорта;
- перевозка жидких и твердых отходов, а также ГСМ в герметичных специальных контейнерах, исключающих возможность загрязнения окружающей среды во время их транспортировки или в случае аварии транспортных средств [4].

В данной работе была рассмотрена деятельность, связанная с эксплуатационными задачами. Всего задач 11, раскроем деятельность 3-х из них и их потенциальное воздействие на водную среду:

1. Открытые горные работы, включая взрывные работы, водоотлив и обнажение пород: расширение карьера - изменение в отношениях питания, сток путем прямого перехвата дождя и снега; водоотлив - изменение в режиме грунтовых вод (уровень и направление потока) в поверхностных и грунтовых водоносных горизонтах; использование взрывчатых веществ - попадание нитрата в подземные воды в пределах водоносных горизонтов; использование машин - разливы и утечки масла, топлива и смазочных материалов, связанных с эксплуатацией техники в карьере.

2. Внешнее водоснабжение поселка Ауэзов: забор воды из скважинного поля Кызылту – изменение в режиме подземных вод, изменение направления потока и истощение запасов подземных вод в водоносном горизонте, размещающемся в коренных породах; забор воды из скважинного поля Кызылту - изменение потока и уровня поверхностных вод.

3. Хранение реагентов, горюче-смазочных материалов: хранение и использование потенциально загрязняющих веществ - поверхностный сток потенциально может содержать высокие концентрации загрязняющих веществ, связанных с разливом и утечкой хранимых материалов [1].

С позиций оптимизации экологического состояния бассейна реки Кызылсу рекомендуем:

- соблюдать установленные лимиты забора воды из поверхностных водных объектов и использовать рыбозащитные сооружения;
- провести оценку возможности использования очищенных сточных вод для технического водоснабжения;
- провести инженерные и инженерно-экологические изыскания для разработки проекта технического водоснабжения;
- оборудовать места стока вод из очистных сооружений для удобного отбора проб воды на химический и бактериологический анализы (рабочий контроль);
- организовать регулярные заборы проб сточных вод (химический и бактериологический анализы) на соответствие их требованиям, предъявляемым к сбрасываемым сточным водам.

Выводы

Выполнена качественная и количественная оценка воздействия на водную среду при промышленной разработке месторождения Бакырчик. На основании приведенных в работе материалов можно сделать следующие выводы:

1. Воздействие на подземные и поверхностные воды со стороны их загрязнения оценивается как допустимое.

2. Воздействие на р. Кызылсу в пределах отработки оценивается как допустимое. Это воздействие будет распространяться на небольшую площадь. Соблюдение методик проектных и технологических решений, проведение рекультивации нарушенных земель обеспечит их использование по назначению (под пастбища, сенокосы, карьеры, водоемы).

3. В дальнейшем необходимо проведение мониторинговых исследований для выявления влияния работы ГОКа на водный бассейн реки Кызылсу.

Таким образом, при реализации проектных решений и соблюдении экологических стандартов по промышленной разработке месторождений открытым способом ТОО «БГП» существенно не нарушит экологического равновесия, воздействие от работы предприятия будет минимизировано.

Таблица 2

*Деятельность, связанная с каждой эксплуатационной задачей,
и их потенциальное воздействие на водную среду*

Ключевая задача	Мероприятие	Потенциальное воздействие
1	2	3
Этап 1 (2016-2024 гг.)		
Открытые горные работы, включая взрывные работы, водоотлив и обнажение пород	Расширение карьера	Изменение в отношениях питание-сток путем прямого перехвата дождя и снега.
	Водоотлив	Изменение в режиме грунтовых вод (уровень и направление потока) в поверхностных и грунтовых водоносных горизонтах.
	Использование взрывчатых веществ	Попадание нитрата в подземные воды в пределах водоносных горизонтов.
	Использование машин	Разливы и утечки масла, топлива и смазочных материалов, связанных с эксплуатацией техники в карьере.
Обогащение, в том числе складирование, подготовка и обогащение руды	Наличие водонепроницаемых поверхностей	Перенаправление потоков радиального направления в почву (потоком) и маршруты поверхностного стока через непроницаемые конструкции и основания.
	Хранение и использование потенциальных загрязняющих веществ	Загрязнение поверхностного стока.
Эксплуатация хвостохранилища	Изменение поверхностных водосборов и каналов	Перенаправление поверхностных водных каналов и удаление водосборов может привести к изменениям в отношениях питание-сток.
	Размещение хвостового материала	Утечка хвостовой воды через основание или борты хвостохранилища. Потеря хвостов и воды при прорыве дамбы хвостохранилища.
Эксплуатация отвала пустой породы	Наличие водонепроницаемых поверхностей	Перенаправление потоков радиального направления в почву (потоком) и маршруты поверхностного стока через непроницаемые конструкции и основания.
	Хранение потенциальных загрязняющих веществ	Загрязнение поверхностного стока
	Изменение поверхностных водосборов и каналов	Перенаправление поверхностных водных каналов и удаления водосборов может привести к изменениям в отношениях питание-сток.
Внешнее водоснабжение для эксплуатации участка	Забор воды из скважинного поля Кызылту	Изменение в режиме грунтовых вод (уровень и направление потока) в грунтовом водоносном горизонте.
Внешнее водоснабжение поселка Ауэзов	Забор воды из скважинного поля Кызылту	Изменение в режиме подземных вод. Изменение направления потока и истощение запасов подземных вод в водоносном горизонте, размещающемся в коренных породах.
		Изменение потока и уровня поверхностных вод.
Образование, хранение и размещение других отходов, включая углистый концентрат и бытовые отходы	Непроницаемые поверхности	Перенаправление потоков радиального направления в почву (потоком) и маршруты поверхностного стока через непроницаемые конструкции и основания.
	Хранение потенциальных загрязняющих веществ	Поверхностный сток может потенциально содержать высокие концентрации загрязняющих веществ, связанных с хранимыми материалами.
Хранение реагентов, горюче-смазочных материалов	Хранение и использование потенциальных загрязняющих веществ	Поверхностный сток потенциально может содержать высокие концентрации загрязняющих веществ, связанных с разливом и утечкой хранимых материалов.

Окончание таблицы 2

1	2	3
Эксплуатация фабрики и тяжелых транспортных средств, а также ремонтных мастерских транспортных средств и складов	Ремонт, мойка и использование техники	Утечки и разливы масла, смазочных материалов и топлива, а также образовавшаяся грязная вода в ходе мытья могут проникнуть в поверхностный сток.
Этап 2 (2025 – 2039)		
Подземные горные работы, включая взрывные работы и осушение	Мероприятия по осушению, связанные с подземной добычей	Изменение в режиме грунтовых вод (уровень и направление потока) в грунтовом водоносном горизонте.
	Мероприятия по осушению, связанные с карьером	
	Использование взрывчатых веществ	Попадание нитрата в подземные воды в пределах водоносных горизонтов.
	Использование техники	Разливы и утечки масла, топлива и смазочных материалов, связанных с эксплуатацией техники в подземном руднике.
Образование и размещение пастообразной закладки	Хранение материала для обратной закладки в подземном руднике	Изменение в режиме грунтовых вод (уровень и направление потока) в грунтовом водоносном горизонте.

Список литературы

1. Инструкция по проведению оценки воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду при разработке предплановой, предпроектной и проектной документации / Утверждена приказом Министра ООС РК от 28 июня 2007 года № 204-п с изменениями и дополнениями по состоянию на 24.09.2013 г.
2. Водный кодекс Республики Казахстан № 481-III ЗРК (с изменениями и дополнениями по состоянию на 15.06.2015 г.).
3. Инженерно-гидрометеорологические изыскания на площадке строительства объектов инфраструктуры ГОКа месторождение «Бакырчик»: Отчет по объекту / ТОО «ВК центр геологических изысканий». – г. Усть-Каменогорск, 2015 г.
4. «Методики определения нормативов эмиссий в окружающую среду», утвержденной Приказом Министра охраны окружающей среды РК от 11 декабря 2013 года № 379-О.
5. Дьячков Б.А., Стучевский Н.И. Геологическое строение // Географическая энциклопедия. Восточный Казахстан: Справочное издание / Под ред. профессора А.В. Егориной. – Усть-Каменогорск: Шығыс Полиграф, 2014. – С. 17-20.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 87.15.15

М.К. Жаманбаева¹, Ш.А. Муздыбаева², А.Ш. Букунова¹, Г.А. Сарсенбекова²¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск²Казахстанский инженерно-технологический университет, г. Алматы

**ОСОБЕННОСТЬ ФИКСАЦИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ
МЕТАЛЛОВ (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+}) НА ПРИРОДНОМ МАТЕРИАЛЕ – МОНТМОРИЛЛОНИТЕ**

Углубленное изучение каталитических, отбеливающих свойств природных материалов-бентонитов, не только увеличивают вероятность их использования в народном хозяйстве: химической, нефтяной, пищевой и металлургической промышленности, но также открывает путь для его

применение в качестве сорбентов для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, вредных примесей, отходов нефтепродуктов.

Халық шаруашылығында молынан қолданылатын бентонит, цеолит және т.б. табиғи материалдардың каталитикалық, ағартқыш қасиеттерін тереңдете зерттеу, табиғи топырақты химия, мұнай, тамақ және металлургия өнеркәсібінде қолдану ықтималдылығын арттырып қана қоймай, оны сорбент ретінде ағынды суларды ауыр металл иондарынан, қоспалардан, мұнай өнімдері қалдықтарынан тазартуға қолдануына кең жол ашады.

The wide use of natural materials such as bentonite clays, zeolites, etc. in the national economy requires a detailed study of catalytic, bleaching properties from the point of view of the use of clay in the chemical, petroleum, food-processing and metal industries, which also allows to use them as an absorbent for wastewater treatment from harmful impurities, heavy metals, petroleum products and others.

Согласно оценкам инвестиционного климата ООН добыча и переработка сырья является постоянно действующим фактором на флоры и фауны Земли. Одним из факторов негативного влияния на экологическую ситуацию на региональном уровне являются сточные воды (СВ) или так называемые шахтные воды (ШВ), которые образуются при эксплуатации месторождений горно-рудной промышленности. ШВ полиметаллических месторождений по происхождению являются природными грунтовыми водами, загрязнение которых частицами породы, минеральными солями, катионами тяжёлых металлов (ТМ) во много раз превышает предельно-допустимые концентрации (ПДК) рыбо-хозяйственного назначения.

Традиционные методы очистки, основанные на осаждении ТМ и взвешенных частиц гидрооксидами железа, алюминия, образующихся в момент нейтрализации, не являются универсальным и не во всех случаях обеспечивают достижения ПДК по содержанию вредных примесей, особенно для водоёмов. Особенно актуален вопрос по разработке новых современных методов, предназначенных для высокоэффективной очистки промышленных вод от ионов ТМ до уровня ПДК. Использование природных материалов в качестве сорбентов, обусловленное их высокой сорбционной емкостью, селективностью, катионообменными свойствами и возможностью практически полного удаления ионов ТМ, является актуальной задачей в решении проблемы охраны окружающей среды. Считаем, что использование природного материала – бентонита в очистке ШВ, основанное на успехах современной химической науки, позволит раскрыть новые перспективные возможности в этой области.

Минерал монтмориллонит всегда привлекал внимание необычной по своему строению кристаллической структурой и возможностью изменять первоначальное состояние в различных средах. Способность этого минерала изменять толщину зазоров от долей до десятков нанометров, когда «структура становится подвижной» и процессы обмена с внешним раствором протекают с большой скоростью, является редкой, если не уникальной в неорганическом мире. Характерной особенностью структуры бентонитовой глины является то, что молекулы воды и другие полярные жидкости, некоторые органические молекулы могут входить в межслоевые пространства, вызывая набухание решетки.

Алюмосиликатный каркас у глини, в основном, состоит из чередующихся параллельных двумерных слоев, образованных силикатными тетраэдрами и октаэдрами. Расположение этих слоев, степень и природа замещений внутри них в значительной степени определяют химические и физические свойства соответствующих материалов. Свободная гидроксильная группа может обмениваться с анионами при погружении сорбента в раствор, и такие замещения могут встречаться как тетраэдрическом, так и октаэдрическом слоях. Если замещение происходит в тетраэдрическом слое, например ильме, то электростатические силы, действующие между отрицательно заряженными каркасами и компенсирующими катионами, гораздо сильнее, чем в группе монтмориллонитов [1, 2].

Объектом исследования является ШВ Белоусовского полиметаллического месторождения Восточно-Казахстанской области (ВКО). В качестве сорбента для комплексной очистки ШВ был испытан природный щелочной бентонит 14-го горизонта Таганского месторождения ВКО. Состав обменных катионов и структурные характеристики естественного и кислотоактивированного образцов бентонита представлен в табл. 1.

Таблица 1

Состав обменных катионов и структурные характеристики естественного и кислотоактивированного образцов бентонита [1]

Бентонит	Содержание обменных катионов, мг-экв/100 г					S БЭТ, м²/г	Объем пор, см³/г	
	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Обменная кислотность				общая сумма
				H ⁺	Al ³⁺			
естественный	25,9	42,9	27,8	-	-	96,6	90	0,09
активированный H ₂ SO ₄	0,50	2,18	7,21	0,67	53,82	64,38	200	0,36

Сравнительный анализ показывает (табл. 1), что химическая природа поверхности меняется: обработанный H₂SO₄ бентонит приобретает кислотность, обусловленную обменными кислотными центрами ионов водорода; высвобождается некоторое количество силикагеля, что приводит к увеличению поверхности активированных образцов в 2-4 раза по сравнению с поверхностью неактивированного образца. Кислотная активация не изменяет преобладающих размеров пор исходных бентонитов, однако приводит к проявлению крупных переходных пор и увеличению пористости образца. Все эти факторы приводят к возрастанию сорбционной способности образца [1-3]. Наилучшим способом активации бентонита является кислотная активация при повышенной температуре, что приводит к уменьшению содержания в образцах оксидов магния, железа, щелочных и щелочноземельных металлов.

Результаты очистки ШВ от ионов тяжелых металлов (Cu²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺, Zn²⁺) бентонитовой глиной в естественной и активированной формах представленные в табл. 2, показывают, что степени извлечения естественным бентонитом (33,3 %, 18,2 %, 17,6 %, 29,2 % соответственно) не обеспечивают для них ПДК, нормируемых в воде для рыбохозяйственных целей.

Таблица 2

Степень извлечения ионов тяжелых металлов в присутствии бентонита в естественной и активированных формах в шахтной воде

Ионы металлов	Концентрация ионов тяжелых металлов, мг/дм ³					Степень извлечения, %		
	В неочищенной воде	В очищенной шахтной воде в присутствии бентонита						
		Естественный	Термо активированный	H ₂ SO ₄ ⁻ активированный (4 часа)	ПДК			
Cu ²⁺	0,21	0,14	0,07	0,001	0,001	33,3	65,6	99,6
Pb ²⁺	0,11	0,09	0,03	0,01	0,10	18,2	74,9	94,7
Cd ²⁺	0,17	0,14	0,09	0,006	0,005	17,6	48,7	98,9
Zn ²⁺	12,3	8,70	4,03	0,01	0,01	29,2	67,1	99,5

Термическая обработка бентонита при температурах до 200 °С улучшает катионообменную способность монтмориллонита. Степень извлечения ионов ТМ в случае использования термически активированного бентонита составляет для Cu²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺, Zn²⁺ соответственно 65,6 %, 74,9 %, 48,7 %, 67,1 % (табл. 2). Известно, что при нагревании монтмориллонита обменные катионы обезвоживаются и начинают мигрировать, проникать в октаэдры кристаллической решетки минерала,

ослабляя связи Al – O, постепенно, при дальнейшем повышении температуры, освобождая и вытесняя Al из октаэдрического окружения. Освободившийся Al^{3+} , являясь очень активным, изоморфно замещает Si^{4+} из октаэдрического окружения в тетраэдрическое, что сопровождается выделением тепла, т.е. экзоэффектом, так как межатомное расстояние Al – O в октаэдрах было равно 1,8-2,0 Å, а в тетраэдрической координации оно уменьшилось и стало равным 1,6-1,8 Å [1-2].

Согласно закону Кулона, освобождаемая энергия при взаимодействии разноименно заряженных тел прямо пропорциональна уменьшению расстояния. В этом экзотермическом процессе роль обменных катионов заключается в том, чтобы вытеснить изоморфно Al^{3+} из октаэдрической конфигурации и компенсировать отрицательный заряд, возникающий при изоморфном замещении в тетраэдрах Si^{4+} на Al^{3+} [1-2]. При такой активации бентонита ионы H^+ вытесняют обменные катионы натрия, кальция, магния с обменных позиций, проникают в глубь структуры и атакуют связь Me – O во фрагменте Me-O-Si.

Таким образом, применение кислотноактивированного бентонита в очистке ШВ обеспечивает практически полное извлечение ионов ТМ Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} . Представленные результаты получены при оптимальных условиях (рН среды, время перемещения, масса навески сорбента), которые были установлены в ходе активного эксперимента и представлены в табл. 3 и на рис. 1. Время контакта бентонита с шахтной водой варьировалось от 5 до 30 минут. Оптимальное время извлечения ионов ТМ из шахтной воды составило 15 минут. Результаты показывают, что уже при 0,6 %-ном расходе активированного серной кислотой бентонита ионы Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} практически полностью извлекаются, тогда как бентониты в естественном и термически активированном состоянии при 1,0 %-ном расходе не обеспечивают снижения концентрации указанных ионов до уровня ПДК.

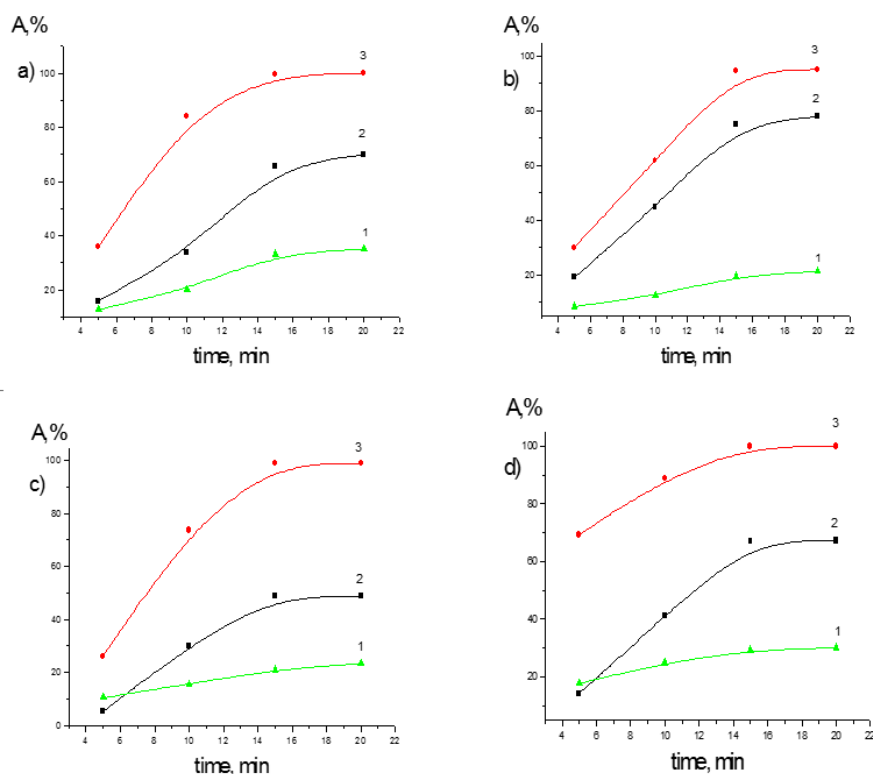


Рисунок 1 – Зависимость степени извлечения ионов металлов (A) от времени контакта: а – медь; б – свинец; в – кадмий; бентонит: 1 – естественный 2 – термически активированный; 3 – сернокислотной активации (10 % – р-р H_2SO_4)

Таблица 3

Влияние массы навески бентонита (естественный, термический, сернокислотный)
на степень извлечения ионов тяжелых металлов

Масса навески, г	Степень извлечения ионов тяжелых металлов, %											
	Cu ²⁺			Pb ²⁺			Cd ²⁺			Zn ²⁺		
	Естественный	Термический активированный	H ₂ SO ₄ – активированный (4 часа)	Естественный	Термический активированный	H ₂ SO ₄ – активированный (4 часа)	Естественный	Термический активированный	H ₂ SO ₄ – активированный (4 часа)	Естественный	Термический активированный	H ₂ SO ₄ – активированный (4 часа)
0,1	12,6	16,8	32,8	8,9	19,1	30,0	10,6	24	26,2	17,7	14,2	69,3
0,2	20,1	23,6	94,3	12,4	44,8	61,8	15,6	30	73,2	24,8	38,4	88,8
0,3	33,2	65,6	99,6	19,5	74,9	94,7	21,0	48,7	98,9	29,2	67,1	99,9
0,4	35,0	69,6	99,6	21,2	77,9	95,1	23,4	48,7	98,9	30,1	67,3	99,9

Сорбционную способность применяемых сорбентов во многих случаях можно оценить по величине константы ионного обмена (K). Существуют разные способы расчета K . В настоящей работе использовано уравнение Никольского [109]:

$$K = K^{-1/(Z_1 Z_2)} = \frac{\bar{C}_2^{1/Z_2} \cdot C_1^{1/Z_1}}{\bar{C}_1^{-1/Z_1} \cdot C_2^{1/Z_2}},$$

где, $\bar{C}_2^{1/Z_2}$ – концентрация ионов металлов в фазе ионита; C_1^{1/Z_1} – концентрация ионов водорода в равновесном растворе; $\bar{C}_1^{-1/Z_1}$ – концентрация ионов водорода в фазе ионита; C_2^{1/Z_2} – концентрация ионов металлов в растворе, Z_1 и Z_2 – заряды обменивающихся ионов.

Значения K позволяют рассчитать концентрацию того или иного иона металла в растворе, находящегося в контакте с сорбентом, а также подобрать оптимальные условия адсорбции ионов на данном сорбенте. Для данного ионита константа обмена отражает свойства обменивающихся ионов и характеризует их относительное сродство к иониту, то есть селективность сорбции ионитом того или другого иона. Результаты исследований, представленные на рис. 2, 3, показывают, что наибольшее значение K , характеризующее высокой степени сорбции ионов ТМ соответствует при pH среды 8,0-8,5; время перемешивания – 15 минут; масса сорбента – 6 г/дм³. В соответствии с результатами исследования (рис. 2, 3) наибольшим значением K обладает ион Cu²⁺, медь, наименьшее значение K наблюдается для иона Pb²⁺. По значениям константы ионного обмена ионов ТМ можно расположить в следующий лиотропный ряд: Cu²⁺ > Zn²⁺ > Cd²⁺ > Pb²⁺

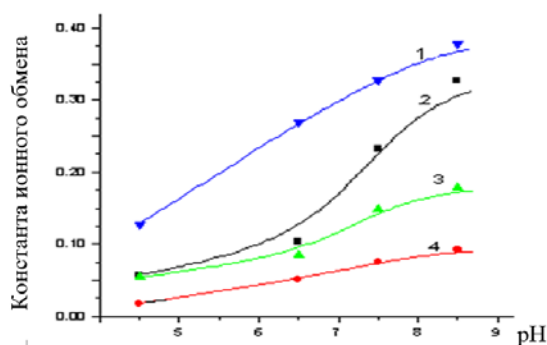


Рисунок 2 – Константы ионного обмена для ионов Cu²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺, Zn²⁺ в присутствии термо-кислотно-активированного бентонита в различных значениях pH: 1 – медь; 2 – цинк; 3 – кадмий; 4 – свинец (время перемешивания – 15 минут, доза бентонита – 6 г/дм³)

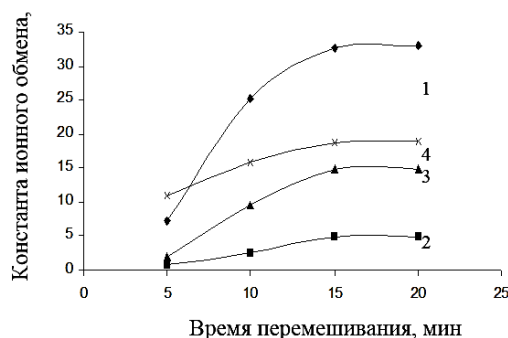


Рисунок 3 – Константы ионного обмена для ионов Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} в присутствии термо-кислотно-активированного бентонита в зависимости от времени перемешивания: 1 – медь, 2 – цинк, 3 – кадмий, 4 – свинец

Известно, что катионы с ионным радиусом близким ионному радиусу Al^{3+} , согласно кристаллохимическому закону Гольдшмидта, способны изоморфно замещать Al^{3+} в октаэдрической сетке. Так, замещению Mg^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Li^{+} , Co^{2+} на катионы Na^{+} , K^{+} , Ca^{2+} и др. мешает большая величина их ионных радиусов. При выбранных оптимальных условиях были изучены константы ионного обмена термически и термокислотноактивированного бентонита. Как показывают результаты исследований, представленные на рис. 4, константы ионного обмена для различных активированных форм бентонита имеют разные значения.

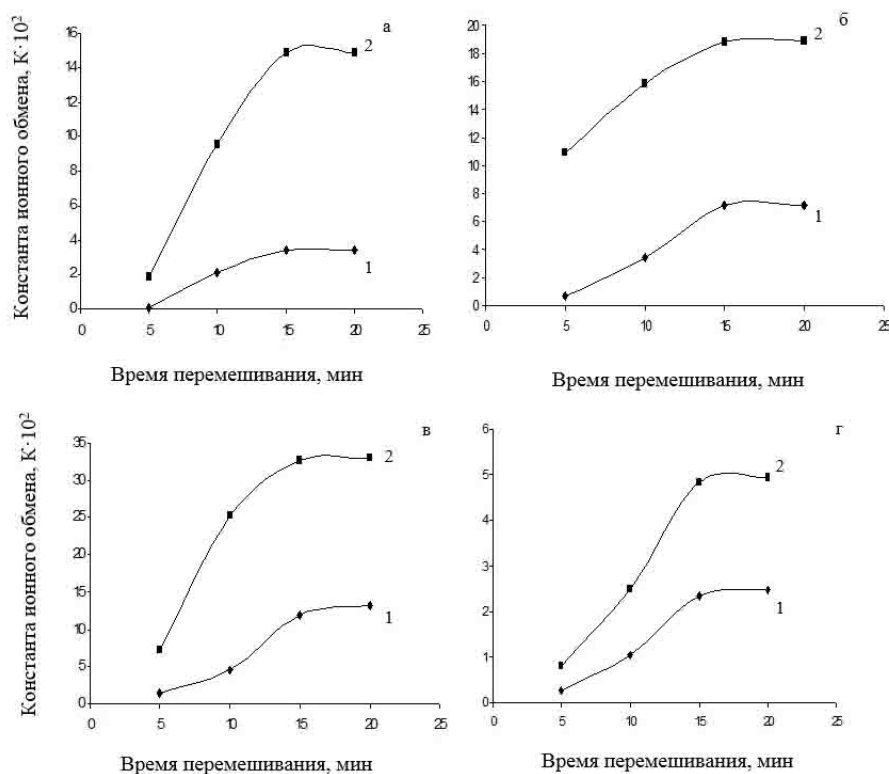


Рисунок 4 – Зависимость константы ионного обмена (K) Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} в присутствии термоактивированного (1) и термокислотноактивированного (2) бентонита от времени перемешивания: а – кадмий, б – цинк, в – медь, г – свинец

Как следует из рисунка, более высокие значения K наблюдаются для бентонита, прошедшего термокислотную активацию. Метрологические характеристики показывают, что систематическая погрешность статистически незначима (табл. 4).

Таблица 4

Метрологическая оценка (среднеквадратичное отклонение сходимости, воспроизводимости и правильности) результатов

Ионы тяжелых металлов	$S_{\text{сх.}} \cdot 10^4$	$S_{\text{воспр.}} \cdot 10^4$	$S_{\text{прав.}} \cdot 10^4$
Cu^{2+}	1,79	2,93	1,23
Cd^{2+}	1,94	2,97	2,50
Pb^{2+}	2,71	5,32	1,82
Zn^{2+}	15,8	25,4	23,4

Полученный результат показывает, что наилучшим сорбентом для извлечения ионов ТМ Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} в шахтной воде является бентонит 14-го горизонта Таганского месторождения, а использование бентонита, прошедшего термообработку при 120 °С с последующей активацией 10 % серной кислотой в течение 4-х часов, при выбранном оптимальном режиме: pH – 8,0...8,5, время перемешивания – 15 минут, масса навески – 0,3 г/50 см³, позволяет очистить ШВ до уровня норм, установленных ПДК рыбохозяйственного назначения.

Таким образом, авторы считают, что использование научно-обоснованных подходов, основанных на успехах современной химической науки, в очистке шахтной воды от ионов тяжелых металлов горнорудной промышленности позволяет раскрыть новые перспективные возможности в этой области.

Список литературы

1. Батталова Ш.Б. Физико-химические основы получения и применения катализаторов и адсорбентов из бентонитов. – Алма-Ата, 1986. – 168 с.
2. Карбцова А.А., Маркова О.В. Варьирование селективности ионного обмена путем модификаций активных центров сорбента // Тезисы докладов Всеросс. симп. по химии поверхности, адсорб. и хроматогр. посвящ. 90 летию со дня рожд. А.В. Киселева. – М., 1999. – С. 189.
3. Muzdybayeva Sh., Musabekov K., Askarova G. Effectiveness of use of nanostructure minerals – bentonite of taganskiy deposit for waste water clearing in metallurgy industry // European Journal of Sustainable Development, 2014. – P. 195-200.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 38.61.01

V.I. Zatserkovnyi¹, L.V. Plichko¹, B.B. Amralinova²

¹Institute of Geology of Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv, Ukraine

²D. Serikbayev East Kazakhstan state technical university, Kazakhstan

MATHEMATICAL MODELS FOR ASSESSING AND FORECASTING THE STATE OF QUALITY OF SURFACE WATERS BY GIS AND REMOTE SENSING

Нәтижелер мысал ретінде жер үсті суларының қарапайым және күрделі математикалық модельдерін қолдана отырып ұсынылған. Десна өзенінің бассейні үшін жер үсті суларының сапасын есептеу жүргізілген. Жер үсті су объектілеріне ластаушы заттардың жергілікті енгізілуінің математикалық моделін енгізу нәтижесінде біз Десна өзенінің бойында консервантты ластаушы заттардың таралу динамикасын 3 күндік концентрацияланған ағызудан алынған болжамдық бағалау алдық. Жер үсті

су объектілеріндегі диффузиялық жүктемені анықтау кезінде су қоймаларындағы қоректік заттардың олардың су объектілеріне енуін сандық бағалау арқылы сипаттайтын модель жетілдірілді. Десна өзенінің үстіңгі суларының сапасының қалыптасуы көбіне азот пен фосфордың ағынымен байланысты екендігі анықталды. Чернигов облысының жер үсті су қоймаларына антропогендік жүктеме коэффициентінің таралуы есептелді.

Представлены результаты на примерах простой и сложной математических моделей качества поверхностных вод, проведены расчетные оценки качества поверхностных вод суббассейна р. Десна. В результате внедрения математической модели локального поступления загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты были получены прогностические оценки динамики распространения загрязняющих веществ по длине р. Десна от сосредоточенного сброса за 3 суток. При определении диффузной нагрузки на поверхностные водные объекты усовершенствована модель, описывающая поведение биогенных веществ в пределах водосборов с количественной оценкой их поступления в водные объекты. Обнаружили, что формирование качества поверхностных вод р. Десна в значительной степени связано с поступлением азота и фосфора. Рассчитали распределение коэффициента антропогенной нагрузки на поверхностные водные объекты Черниговской области.

The article focuses on the results using simple and complex mathematical models of surface water quality through examples of the calculation of surface water quality for a sub-basin of the Desna River. As a result of the introduction of mathematical model of the local pollutants inflow into surface waters, there were prognostic evaluations of the dynamics of propagation canned contaminants along the river of the Desna River from a concentrated discharge of 3 days obtained. In determining the diffuse load in surface water bodies, a model has been improved that describes the behavior of nutrients within watersheds with a quantitative assessment of their entry into water bodies. It was found that the formation of the quality of the surface water of the Desna River is largely associated with the influx of nitrogen and phosphorus. The distribution of the coefficient of anthropogenic load on surface water bodies of the Chernihiv region was calculated.

Keywords: *nutrient load, phosphorus, nitrogen, mathematical modeling.*

Introduction. Surface water pollution refers to the ingress of various pollutants into the waters of rivers, lakes and artificial reservoirs that impair water quality [1, 2].

Relevance of research. The solution to the problem of pollution of water bodies should be based on a deep understanding of the physical processes that occur in them, the construction of correct physical and mathematical models of water bodies for the assessment and prediction of water quality. This allows, on the one hand, developing proposals and recommendations for the proper implementation of certain technical measures and, on the other, avoiding the negative effects of the impact on the water body, the results of which are not obvious at the moment.

The purpose of the study is to improve and implement mathematical models of varying levels of complexity for the assessment of surface water quality using geo-information technologies based on current and unbiased information obtained with the help of Earth remote sensing data (ERS).

The state of the problem work-out. The analysis of the possibility of mathematical modeling for the assessment of surface water quality showed that there is a number of corresponding scientific works of domestic and foreign scientists, such as E.S. Anpilova, Z.A. Boychenko, E.M. Varlamova, V.E. Vodogretsky, O.S. Voloshkina, V.S. Gotinyan, S.O. Dovgyi, N.M. Osadcha, D.O. Klebanova, S.A. Kondratieva, G.Y. Korotayeva, G.Y. Krasovsky, V.I. Lavryk, V.I. Lyalko, V.B. Mokin, E.V. Neverova-Dziopak, R. Follenwider, I.D. Rodziller, S.I. Snizhko, V.A. Surkaskyi, A.M. Tykhonov, O.A. I.D. Frolov, E.O. Yakovlev [1, 3-13, 15-16]. But there is a need to improve the mathematical models of surface water quality assessment, which will on the other hand allow to obtain scientifically sound and on other hand convenient, accessible for understanding and perception, and rather accurate management decision making tool.

Main part. Water pollution refers to the direct discharge of industrial, domestic, wastewater and sometimes post-treatment waters into the aquatic environment, which causes significant changes in its hydrochemical and biological regime, altering the quality of water, disrupting the normal life of plant and animal organisms. Natural processes can also lead to poor water quality. [14]. Pollution processes in rivers and reservoirs are opposed by the process of self-purification.

Performing detailed calculations of the dilution of pollutants in the general case requires the need to calculate currents with a fairly complex structure, taking into account the wind effects on the water sur-

face, rivers runoff that fall into reservoir, complex landforms, shorelines, the presence of dense stratification and it is far from being easy task. Assessment models of surface water quality should describe the spatial and temporal changes of the aquatic environment over a period of time as a result of the physical transfer of pollutants, as well as their chemical and biochemical transformations.

Tasks on the pollutants concentration formed in the aquatic environment and on the distance from the sewage range to the range of sufficient mixing or range with any dilution level are solved by calculating turbulent diffusion [7, 8]. Methods based on the numerical solution of turbulent diffusion equations are used to calculate the dilution of sewage in rivers. They distinguish between detailed and simplified methods. Detailed calculation methods are based on a direct numerical solution of the equations and allow to obtain the concentration fields of the pollutant within the study area from the source of contamination to the control head (water treatment) [7]. The simplified methods of calculating the dilution are based on an analytical or graphical approximation of these solutions [7, 8].

A mathematical model of the local flow of pollutants into surface water bodies

The purpose of applying a mathematical model of the local appearance of pollutants into surface water objects is to obtain a prognostic estimate of the dynamics of the spread of pollutants along the length of the river from discharge point. For this purpose, the equation of turbulent diffusion in the areas of discharge of pollutants and wastewater of A.V. Karasheva was used [7]. Using this mathematical model, an estimate of the likely distribution of the pollutant along the river is estimated.

The Chernihiv TPP (Chernihiv Thermal Power Plant) was chosen as an example of applying the equation of turbulent diffusion at the site of pollutants discharge or wastewater. A calculation grid was built in the sector α of the pollutant distribution area (Fig. 1), where indicated concentrations of the pollutant in each section of the grid $t = t_k$ and next moments

$$t = t_{k+1} = t_k + \Delta t,$$

where r – average radius of control element (part of the circle with width Δr); n – sequence number of compartment (ring). The start of reading begins from center, where $r = 0$. For this moment we have the following concentration values: $S_{k,n-1}$ (in compartment $n-1$), $S_{k,n+1}$ (in compartment $n+1$). For the next calculated time interval in the compartment n we have $S_{k+1,n}$ (Fig. 1).

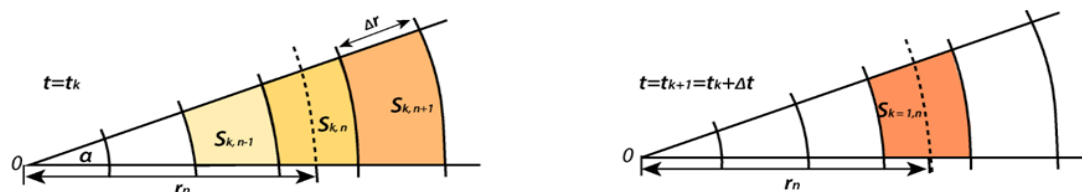


Figure 1 – Scheme of calculation of the process where there is an accumulation and diffusion of pollutants or wastewater at small unstable flows in water objects

Based on the overall estimates, the area of possible spread of pollutants from the source of contamination (discharge site), taken as the center of this area, is divided into 6 sectors. According to the measurements, the average depth H is determined and the average turbulent diffusion coefficient D is calculated for the whole region. The condition to use method of diffusion calculation is an assumption that there is no uni-directed constant flow in the area of discharge of pollutants or wastewater. The initial condition assumes no pollution within the entire area of the pollutant concentration. It is assumed that pollutants have been released with a constant flow of water equal to $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ from the straight shore. The concentration of the conservative contaminant is 100 g/m^3 . For this substance, the MPC (maximum permissible concentration) is 2 g/m^3 . It is necessary to determine the radius of distribution of the pollutant for 3 days. This water object has the following average values: $H = 30 \text{ m}$, $D = 0.0059 \text{ m}^2/\text{s}$. The coordinate center is located at the point of discharge of the pollutants. The model parameters describing the hydrological conditions of the impurity propagation are determined on the basis of field measurements of the Desnianskyi BWRMD (Basin water resources management department) [5].

An example of constructing a mathematical model for estimating the local dynamics appearance of pollutant in surface water object under the described conditions is presented in Fig. 2, where presence of splashes of concentration corresponding to the number of pollutant release are represented.

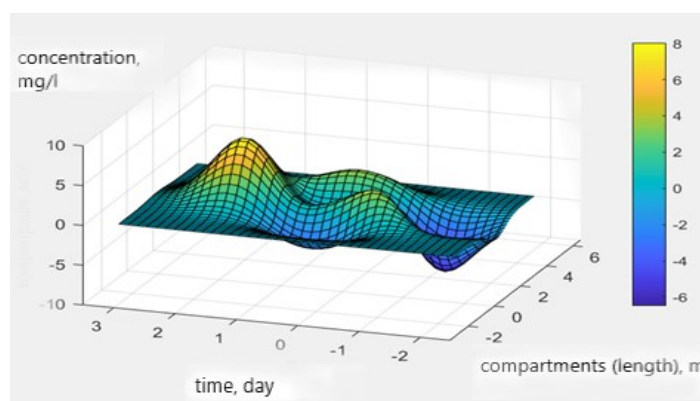


Figure 2 – Construction of mathematical model for estimating the local dynamics appearance of pollutant in surface water object

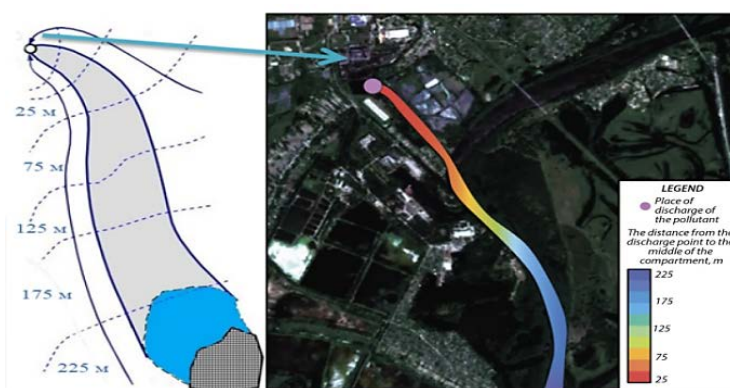


Figure 3 – An example of modeling of the spread of preserved contaminant during 3 days

Over time, there is a gradual equalization of the concentration in the stain of the pollutant and its union in the «cloud», which is subsequently completely dissolved. As a result, the maximum concentration is observed in the center of the spot, and the concentration at the edges of the spot decreases due to the effects of currents in the water body.

To visualize the determination of the contamination radius of the preserved contaminant on the Desna River during 3 days a multispectral space snapshot of the WorldView satellite (May 19, 2018) with a resolution of 0.45 m was used (Fig. 3). As a result of the simulation, the length of the contamination was found to be 225 m.

The modeling of the processes of dilution and transfer of the preserved contaminant according to the proposed model allows to estimate the intensity and dynamics of the pollution spread in the Desna River. However, although this mathematical model does not allow the assessment of surface water quality after pollutant release along the entire river, it does allow a relatively profound description of the spatial-temporal dynamics of the pollutant distribution on the surface of the water body for small spatial areas and short periods of time.

Models of diffuse influx of pollutants into surface water objects. When defining the diffuse load on surface water objects, one of the main approaches is to create different prognostic models that describe the behavior of pollutants and biogenic substances within water catchments, with a quantitative assessment of their appearance in the water objects.

The main anthropogenic sources that contaminate surface water objects with biogenic elements are organized sources (discharges of industrial and communal enterprises), as well as unorganized (diffuse) sources (livestock farms, agricultural lands, sewage from urban areas [1]. Analysis of hydro-chemical data for the period 2006-2018 showed that there is an exceedance of the limit of maximum permissible concentrations (MPC) by biogenic substances such as nitrates and phosphates in the surface waters of the Desna river (Fig. 4).

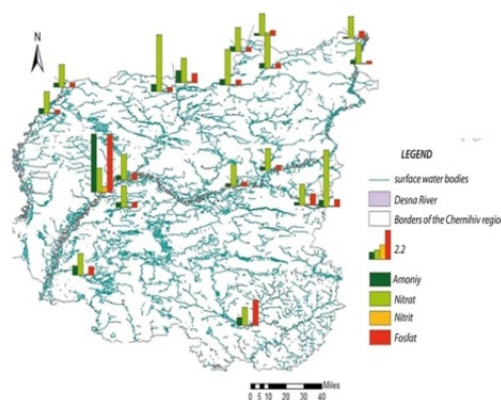


Figure 4 – Distribution of hydro-chemical indicators for the period 2006-2018 on the territory of Chernihiv region

This is also confirmed by space images analysis for the period from 18.06.2013 till 25.06.2018 obtained from WorldView-1 (Fig. 5).

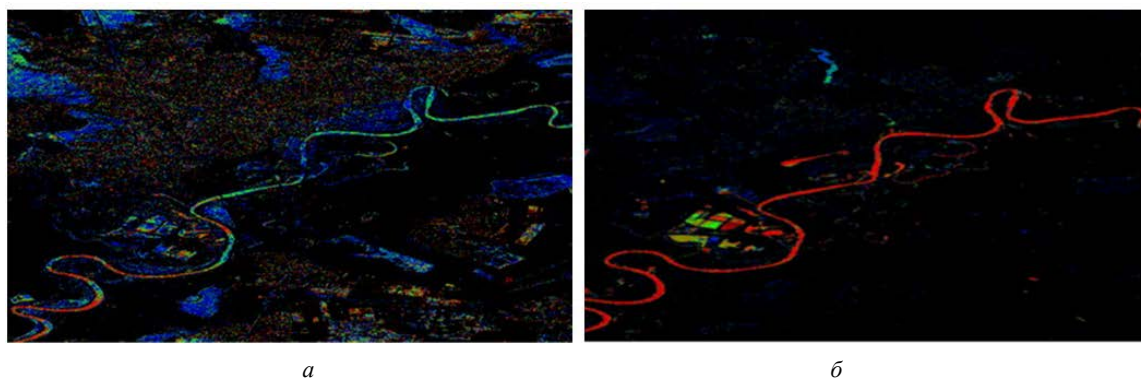


Figure 5 – NDCI distribution in surface water of objects according to WorldView-1 data (with 0,45m distinction): a) 18.06.2013, b) 25.06.2018

Normalized Difference Cyanobacterial Index (NDCI) was used to estimate the eutrophication degree of surface water of objects using Earth Remote Sensing (ERS) data. A visual analysis of the cosmographic images shows that during the period 2013-2018, the surface brightness of water surfaces increased due to the increase of anthropogenic eutrophication of surface water.

To estimate and predict changes in surface water quality, a model of formation of biogenic load on the catchment area (ILLM) was selected [9]. According to the results of the implementation of the model of formation of biogenic load on the catchment area of the river Desna, it was found that it has an error within 10-15%. In this regard, the authors proposed a correction: to estimate the catchment area the materials of the ERS were used; anthropogenic load coefficients on object's surface water and agricultural background were added; the coefficient characterizing the type of soils by origin (in Ukraine) was specified; the concentrations of biogenic elements in the primary areas of the hydrographic network for different types of litter surface were added. The examples of dynamics results of distribution calculations of bio-

genic substances using the upgraded model are made for Desna river of Chernihiv region and are presented in Fig. 6 and Fig. 7.

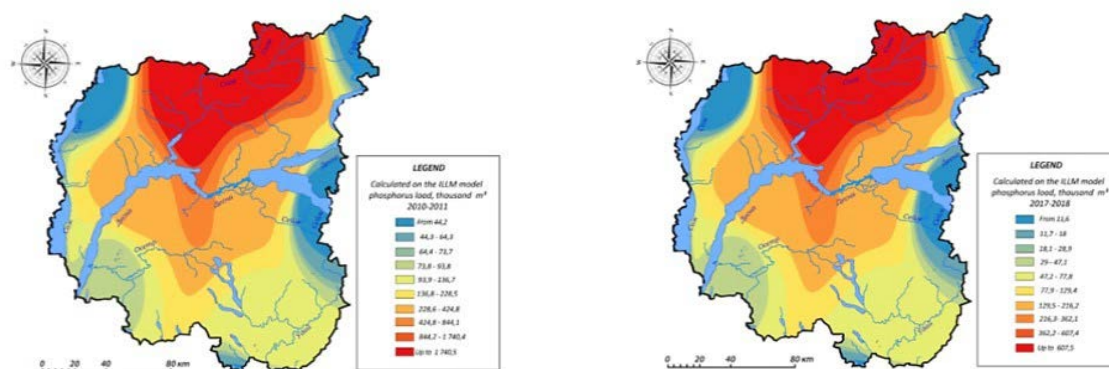


Figure 6 – An example of the spread of phosphorus using the upgraded mathematical model of formation of biogenic load on water catchment for the period 2010-2018

The analysis of Fig. 6 and Fig. 7 showed that a considerable load of nitrates and phosphorus is present in the rivers Snov, Uday and Oster. This is confirmed by the data of hydrochemical analyzes [5], which show that the main pollutants of the Snov River and its tributaries Revna, Tsata and Irpa rivers are industrial and agricultural enterprises of the Bryansk region of the Russian Federation. The simulation results are confirmed for the Oster River as well, since in this river the exceedance of the MPC norms (maximum permissible concentration) for fishery reservoirs was observed for nitrate ions by 2.1- 2.6 times [5]. The Uday River also has a certain anthropogenic load [5], since it flows through the territory of the city of Pryluky and the household wastewater of the utility enterprise "Prylukiteplovopodopostachannya" are also discharged into this river (around 1.45 million m³). The lowest load of nitrate and phosphorus is in the river Sozh, since large industrial enterprises are not located in the river basin territory. Therefore, the formation of biogenic loading of surface water objects is mainly determined by the urban areas of the catchment area, which are related to the direct flow into the hydrographic environment of untreated sewage, which increase the level of nitrate and phosphorus in surface water objects.

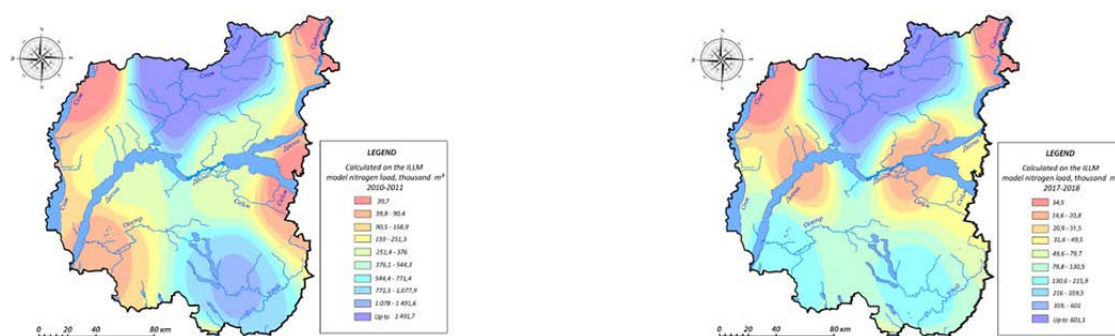


Figure 7 – An example of distribution of nitrate using the upgraded mathematical model of formation of biogenic load on water catchment for the period 2010-2018

The improved model makes it possible to determine the anthropogenic load coefficient, which is formed by the receipt of biogenic substances from urban areas of the catchment area, which directly affect the quality of the surface water object and is calculated according to H.T. Frumin equation [4].

The results of the practical use of anthropogenic load estimation are presented on the example of areas of urban territories of the Desna River (Fig. 8).

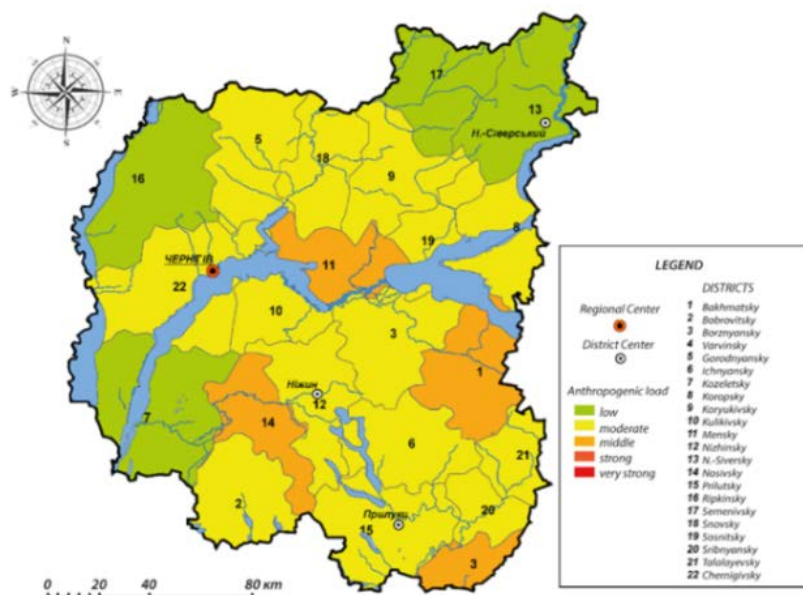


Figure 8 – Distribution model of anthropogenic load across areas in Chernihiv region

As it's seen in Fig. 8, the maximum anthropogenic load is available in the urbanized cities of Chernihiv, Nizhyn, Pryluky, N.-Siversky, as well as in regions: Bakhmatskyi, Varvinskyi, Menskyi, Nosivskyi, which have significant population density. Minimal anthropogenic load is present in such regions as N.-Siverskyi, Ripkinskyi and Semenivsky. The rivers such as Uday, Oster, and Seim suffer the most from anthropogenic loading.

Conclusion

According to the results of the study, mathematical models of surface-water quality assessment were proposed and values obtained were consistent with the results of ground observations. By introducing a mathematical model of the local flow of pollutants into surface water objects, a forecasted estimates of the dynamics of the distribution of preserved pollutants along the length of the Desna River from a point discharge for the period of 3 days was obtained.

It has been found that the application of mathematical models of surface water quality assessment developed by the authors is justified when there are quite long series of systematic observations on the contamination of the water object and the regime of discharge of pollutants in the sub-basin territory which is under study. The use of mathematical models for the assessment of surface water quality allows developing preventive measures to improve geo-ecological safety and minimize losses from natural and man-made hazards, as well as to create rational, safe for surface water objects methods of managing water use and surface water quality.

List of used literature

1. A.M. Aitsam, H.A. Velner, T.I. Paal. About estimating prolonged mixing of polluting substances in watercourses // Tr. Tallin polytechnic institute. – Ser. A. – 1967. – P. 27-60.
2. L.P. Brahivskyi. Theoretical aspects of the problem "norms and pathologies" in water toxicology // Theoretical questions of water toxicology. – L.: Science, 1981. – P. 29-40.
3. Y.B. Vynogradov. Mathematical modelling in hydrology: textbook for students of institutions of higher education / Y.B. Vynogradov, T.A. Vynogradova. — M.: Publishing center "Academy", 2010. – 304 p.
4. A.F. Voevodin. Complex mathematical model for researches of wave processes in flow systems of open channels and reservoirs / A.F. Voevodin, V.S. Nekiforovska // Meteorology and hydrology. – 2012. – № 4. – P. 64-74.

5. V.V. Dmytriev, H.T. Frumin. Ecological regulation and sustainability of natural systems. – S – Pb.: Science, 2004. – 291 p.
6. Report on state of environment in Chernihiv region in 2016 / Chernihiv Regional state administration, Department of ecology and natural resources [responsible for the preparation V.A. Novak]. – Chernihiv: [b.v.], 2018. – 230 p.
7. Y.A. Israel. Calculation of sewage dilution in rivers. – Water quality and fisheries of rivers and inland water objects. – Issued by MGU, 1972. – P. 35-50.
8. A.V. Karaushev. The equation of isotropic diffusion in spherical coordinates // Works of GGI. – 1983. – 297 p.
9. A.V. Karaushev. Methodical basis of evaluation and regulation of anthropogenic impact on surface water quality. – L.: Hydrometeoizdat, 1987. – P. 76.
10. S.A. Kondratiev, M.V. Shmakova, E.H. Shmakova, E.H. Markova. Method for calculating biogenic load on water objects // Regional Ecology. – 2011. – № 3-4. – P. 50-59.
11. V.I. Lavryk. Methods of mathematical modelling in ecology: textbook manual. – K.: Publishing house «KM Academy», 2002. – 203 p.
12. E. Neverova-Dziopak. Teoretical, methodological and engineering support for the protection of surface water from anthropogenic eutrophication. Diss. Ph.D. St.P. – 2003. – 342 p.
13. A.M. Nykanorov. Hydrochemistry: Tutorial – 2-e edition, remarking and extension – St.P.: Hydrometeoizdat, 2001. – 444 p.
14. N.M. Osadcha, V.I. Osadchyi. Peculiarities of formation of chemical composition of surface water in Ukraine in 2000 // Hydrology, hydrochemistry and hydroecology. – K.: Edition of “Nika-center” Taras Shevchenko KNU, 2001. – #2. – P. 379 – 388.
15. V.H. Priazhynskaya. Mathematical modelling in water management. – M, Science, 1985. – 122 p.
16. V.A. Frolov. Determination of the degree of wastewater mixing with sewage // Industrial wastewater. – Iss. 2. – M.: Medhiz, 1950. – P. 134-141.

Получено 7.02.2020

МРНТИ 52.13.17

Ш.Б. Зейтинова, Т.О. Акпаров, С.В. Барсуков

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ КЛЕТЕВОГО СТВОЛА ШАХТЫ «ТЕНТЕКСКАЯ»

Способ замораживания горных пород применяется для проходки шахтных стволов и проведения горных выработок в сложных горно-геологических условиях при наличии в геологическом разрезе водоносных неустойчивых пород. Сущность этого способа заключается в том, что до вскрытия шахтным стволом водоносных пород их предварительно замораживают, в результате чего вокруг ствола образуется сплошное ледопородное ограждение, которое воспринимает на себя горное и гидростатическое давление и защищает ствол от затопления при его проходке по обычной технологии. На шахте «Тентекская» УД АО «Арселор Миттал Темиртау» ведется активное замораживание грунтов вокруг устья нового клетового ствола. Важным параметром при производстве работ является определение толщины и смыкания ледопородного ограждения. Для этого применялась технология ультразвукового контроля ледопородного ограждения (УКЛО).

Тау-кен жыныстарын мұздату тәсілі шахталық оқпандарды үңгілеу және тау-кен қазбаларын күрделі тау-кен-геологиялық жағдайларда жүргізу үшін қолданылады. Бұл тәсілдің мәні шахталық оқпанмен ашылғанға дейін оларды алдын ала мұздатады, соның нәтижесінде оқпан шеңбері тау-кен және гидростатикалық қысымды қабылдайтын және оқпанды қарапайым технология бойынша ұңғылау кезінде су басудан қорғайтын тұтас мұзды жынысты қоршау пайда болады. «Арселор Миттал Темиртау» АҚ ҚД «Тентек» шахтасында жаңа клетті оқпан сағасының айналасындағы топырақты белсенді мұздату жұмыстары жүргізілуде. Жұмысты жүргізудің басты параметрлері мұз қоршауының қалыңдығы мен қаптамасын анықтау болып табылады. Осы мақсатта мұз қоршауында (МҚУБ) ультрадыбысты бақылау технологиясы пайдаланылды.

The method of freezing rocks is used for sinking shafts and carrying out mine workings in difficult geological conditions in the presence of unstable aquifers in the geological section. The essence of this method lies

in the fact that prior to the opening of the shaft of a shaft, aquifers are pre-frozen, as a result of which a continuous ice-rock fence is formed around the trunk, which absorbs mountain and hydrostatic pressure and protects the trunk from flooding when it is penetrated using conventional technology. At the Tentekskaya mine, the UD of Arcelor Mittal Temirtau, JSC, is actively freezing soils around the mouth of a new cage shaft, an important parameter in the production of works, is determining the thickness and clamping of the ice fence. For this purpose, the technology of ultrasonic control of the ice fence (UFL) was used.

Ключевые слова: порода, шахтный ствол, замораживание грунтов, скважина, ультразвуковой контроль, ледопородное ограждение, хладагент.

Введение. Метод предварительной заморозки – это искусственное охлаждение грунтов в естественном залегании до отрицательных температур с целью их упрочения и достижения необходимой степени водонепроницаемости [1].

На поле шахты «Тентекская» выделено три водоносных горизонта:

- четвертичных аллювиальных отложений;
- верхнеолигоценовых аллювиальных отложений;
- среднекаменноугольных отложений долинской свиты.

Водоносный горизонт четвертичных отложений покрывает всё поле шахты сплошным чехлом. Вмещающие отложения первого водоносного горизонта, представленные разномасштабными песками, почти повсеместно перекрыты прослоем супеси или суглинка мощностью от 2 до 3 м, реже от 3 до 4 м. Маломощные прослои супесей и суглинков, несмотря на свою относительно малую проницаемость, способствуют проникновению поверхностных вод р. Чупубай-Нуры, а также вод, образовавшихся в результате выпадения атмосферных осадков на площади развития аллювиальных отложений.

Благодаря этому, водоносный горизонт характеризуется свободным зеркалом подземных вод с неглубоким залеганием уровня, порядка от 2 до 4 м. Глубина залегания аллювиальных вод зависит, в основном, от гипсометрического положения вскрытия их на шахтном поле. Как правило, ближе к современному руслу р. Чурубай-Нуры глубина залегания подземных вод поднимается от 1 до 2 м ниже поверхности земли.

Мощность четвертичных аллювиальных отложений колеблется в широких пределах от 4-5 до 10-12 метров. Увеличение мощности аллювиальных отложений наблюдается с запада на восток, по направлению к современному руслу р. Чурубай-Нуры.

Водоносность четвертичных аллювиальных отложений довольно высокая. Удельный дебит при откачке достигал от 8 до 9 л/сек при коэффициенте водопроницаемости 80...150 м/сутки.

О водоносных свойствах палеогеновых песков можно говорить только в прошедшем времени, так как в настоящее время этот горизонт почти полностью осушен горными выработками действующих шахт. Пластово-породные воды палеогеновых песков имели раньше напорный характер, величина которого достигала от 70 до 80 м. В настоящее время напор снят почти до нуля.

Третий водоносный горизонт связан с отложениями среднекаменноугольного возраста. По данным гидрогеологических исследований водоносность отмечается в песчаниках, реже алевролитах и каменных углях долинской свиты.

Подземные воды среднекаменноугольных отложений связаны с трещинами напластования, в меньшей мере кливажа в породах долинской свиты. Поэтому, вода этого горизонта по характеру циркуляции и условиям залегания относится к трещинно-пластовым водам. Каменноугольные отложения почти на всей площади участка перекрыты плотными водонепроницаемыми глинами неогенового возраста. Максимальная мощность неогеновых глин составляет от 70 до 75 м, минимальная – от 4 до 6 м.

Наибольшей обводненностью характеризуются угольные пласты d_6 , d_9 , d_{10} и вмещающие их породы. Повышенные притоки обычно приурочены к трещиноватым песчаникам, алевролитам или угольным платам. Величина нормального водопритока $Q_{пр} = 120,5 \text{ м}^3/\text{ч}$, величина максимального притока воды $Q_{пр.макс} = 155 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Основываясь на данных гидрогеологии для проходки ствола необходимо применять технологию заморозки грунтов с формированием вокруг шахтного ствола ледопородного ограждения с помощью замораживающих колонок

Основные результаты. В процессе работ по замораживанию пород холод вырабатывается замораживающей станцией. В качестве рабочей жидкости, передающей холод породам, принят водный раствор хлористого кальция концентрации 27,5 %. Рассолом заполняют все замораживающие колонки, рассолопроводы и испарители [2].

Хладагентом является фреон. Количество фреона необходимое для первоначального заполнения системы определяется из расчета заполнения аппаратов жидким фреоном по нормативам [1]. Запас по восполнению потерь принимают в размере 10 % от принятого количества по нормативам. Работа замораживающей станции разбивается на 2 периода.

На данный момент ведется активное замораживание грунтов вокруг устья нового клетцевого ствола.

Для определения толщины и смыкания ледопородного ограждения провели ультразвуковой контроль ледопородного ограждения (УКЛО).

Основная часть. Общая характеристика установки

Установка УКЛО-2А представляет собой аппаратный комплекс средств межскважинного прозвучивания и регистрации ультразвуковых параметров горных пород.

Принцип работы установки заключается в излучении ультразвуковых сигналов в одной скважине, посылаемых снарядом-излучателем, и приеме прошедших породы сигналов в другой скважине, и измерении прохождения и затухания ультразвука в породах снарядом-приемником, находящихся на одном горизонтальном уровне с помощью синхронно следящей системы.

Регистрация принимаемых сигналов, посылаемых снарядом-приемником, автоматически производится фоторегистратором на фотоленте, где также экспонируются калибровочные метки времени, с помощью которых определяется время прохождения ультразвука.

Установка имеет блочную конструкцию. Блоки и узлы электрически соединены между собой кабелями, а скважинные снаряды электромеханически связаны кабелями КРГ-3, намотанными на барабанах спускоподъемных лебедок ЛК-650, которые через коллекторные разъемы связаны с осциллографическим прибором.

Питание установки осуществляется от промышленной сети частотой 50 Гц и напряжением 380 В.

Глубина погружения скважинных снарядов	– 850 м;
средняя скорость спуска-подъема скважинных снарядов	– 15 м/мин;
максимальная база прозвучивания	– 6,0 м;
диаметры скважинных снарядов	– 36 мм;
длина скважинных снарядов	– 963-1289 мм;
температура окружающей среды для скважинных снарядов	– 50 °С до +50 °С;
гидростатическое давление на скважинные снаряды	– до 100 кг/см ² .

Проведение замеров. Ультразвуковой контроль ледопородного ограждения аппаратурой УКЛО-2А включает подготовительные, контрольно-измерительные и камеральные работы.

В период подготовительных работ измерительная станция УКЛО-2А устанавливается в удобное место для выполнения измерений, заземляется и подключается к сети. Оператор проверяет исправность всех блоков и органов пульта управления, подготавливает к работе фоторегистратор, осциллографический блок, заправляет фотоленту в лентопротяжный механизм, устанавливает над скважинами блок-балансы и подсоединяет их кабелями к измерительной станции. Затем производит спуск скважинных снарядов («излучатель», «приемник») в устье скважин на одинаковый уровень по глубине и проверяет совпадение результатов отсчета времени прохождения ультразвукового сигнала на экране осциллографического блока и трубке фоторегистратора [1].

Убедившись в исправности работы всех органов управления, оператор приступает к контрольно-измерительным работам: включает соответствующие тумблеры синхронно-следящей системы, блока развертки и марок в положение «спуск» и устанавливает счетчик глубины на нуль; затем включает автоматическое управление лебедками и на рабочей скорости синхронно опускает скважинные снаряды в скважины. Одновременно со спуском снарядов происходит протяжка фотоленты и отсчет глубины погружения снарядов счетчиками глубины. Во время спуска снарядов оператор постоянно наблюдает за амплитудой принимаемого сигнала на экране трубки индикатора и при необходимости меняет ее величину. При достижении снарядом заданной глубины оператор

останавливает лебедки, переключает их на подъем и производит контрольные измерения в процессе подъема скважинных снарядов. По окончании измерений из приемной кассеты фоторегистратора оператор извлекает фотоленту, проявляет ее и приступает к камеральной обработке результатов измерений.

Камеральная обработка включает определение по горизонтальному плану расстояний между каждой парой скважин на данном горизонте и по фотоленте времени прохождения ультразвуковым сигналом данного расстояния, определение скорости распространения ультразвуковых колебаний в талых и замороженных породах, промороженности прозвучиваемых пород, а также графическое определение радиусов ледопородных цилиндров и границ внешнего и внутреннего контуров ледопородного ограждения.

Целью замеров контроля образования ледопородного ограждения вокруг ствола прибором УКЛО-2А является определение сплошности и надежности создаваемого ограждения путем измерения скоростей прохождения ультразвуковых волн в талых и замороженных породах. По разности скоростей прохождения волн определяется фактическое состояние ледопородного ограждения.

Определение сплошности ледопородного ограждения включают в себя четыре цикла измерений: нулевой (начальный), промежуточный, заключительный (окончательный), контрольный (при необходимости).

Нулевой цикл выполняется в талых породах до начала замораживания по всему периметру ледопородного ограждения, а также между скважиной УКЛО и двумя ближайшими замораживающими колонками.

Промежуточный цикл измерений производится ориентировочно через $1/2 - 2/3$ срока активного замораживания по тем же парам замораживающих и контрольных скважин, по которым выполнялись измерения «нулевого цикла».

Окончательный цикл измерений производится после окончания срока активного замораживания по тем же парам замораживающих и контрольных скважин, по которым выполнялись измерения нулевого и промежуточного цикла.

Контрольный (дополнительный) цикл измерений производится по необходимости после окончания срока активного замораживания между отдельными парами замораживающих колонок, если при окончательном цикле измерений в ледопородном ограждении будут оставаться не промороженные участки – «окна», вызванные движением подземных вод или другими факторами.

Акустическим показателем момента достижения сплошности ледопородного ограждения является неизменность величины скорости пробега ультразвуковой волны между парой замораживающих скважин в процессе замораживания пород.

Перед производством замеров, если они производятся в питающих трубах, необходимо предварительно прошаблонировать все замораживающие колонки путем пропуска в них через питающие трубы шаблона с габаритными размерами спускаемых снарядов УКЛО-2А, диаметром 40 мм и длиной 1500 мм.

Определение сплошности и толщины ледопородного ограждения.

Скорость пробега ультразвуковой волны в талых породах определяется как:

$$V = (l \times 106)/t,$$

где l – расстояние между прозвучиваемыми скважинами, м; t – время пробега ультразвуковой волны для определенного расстояния, мкс.

Геометрически эта скорость выражается тангенсом угла α_0 при вершине треугольника, у которого по вертикальному катету откладывается время t пробега принимаемого сигнала, а по горизонтальному – расстояние l между скважинами.

Пример графического способа определения сплошности и толщины ледопородного ограждения, а также радиуса ледопородного цилиндра:

Ультразвуковой контроль проводится между замораживающими скв. 1 и скв. 2, между контрольной скважиной УКЛО и замораживающей скв. 1

По результатам нулевого цикла измерения на диаграмме по вертикальной оси откладывают величины t_0 и t'_0 , равные времени пробега ультразвуковой волны соответственно между скв. 1 и

скв. 2; скв. 1 и скв. УКЛО. По горизонтальной оси откладывают величины l и $L1$, равные расстояниям между скв. 1 и скв. 2; скв. 1 и скв. УКЛО на определяемом горизонте. Соединяя точку to со скв. 2 и $t'o$ со скв. УКЛО получают углы ao и $a'o$, характеризующие величины скорости пробега ультразвука в талых породах.

Последующими циклами измерений в период активного замораживания пород определяют момент смыкания ледопородных цилиндров между скв. 1 и скв. 2. Этому моменту будет соответствовать время пробега ультразвуковой волны $t_{зам}$ между скв. 1 и скв. 2 и $t'_{зам}$ между скв. 1 и скв. УКЛО, величины которых откладывают на вертикальной оси диаграммы. Далее соединяют точку $t_{зам}$ со скв. 2, а из точки $t'_{зам}$ проводят линию параллельно линии $t_{зам}$ – скв. 2 до пересечения с линией $t'o$ – скв. УКЛО в точке c' , получая при этом углы ao и $a'o$, характеризующие скорости пробега ультразвука в замороженных породах. Проекция точки c' на горизонтальную ось диаграммы определяет радиус R замороженных пород, равный по величине расстоянию между скв. 1 и точкой c , определенной в масштабе построения диаграммы.

Полученным радиусом R на погоризонтном плане прочерчивают контуры ледопородных цилиндров из центра каждой скважины, а затем карандашом синего цвета обводят контур внутренних и внешних границ ледопородного ограждения, по которому оценивают сплошность и толщину ледопородного ограждения в замковой плоскости ледопородных цилиндров. На основании оценки погоризонтного плана маркшейдер дает заключение о состоянии ледопородного ограждения на момент измерений и указывает места не замороженных участков пород («окна») и недостаточной толщины ледопородного ограждения и способы их ликвидации.

В период с 24 по 28 апреля 2018 г. на стволе шахты «Тентекская» специалистами Белгородского ШСУ филиала АО «Трест «Шахтспецстрой» было выполнено ультразвуковое прозвучивание пород станцией «УКЛО-2А».

В верхней части до глубины 9,4 м наблюдалось затухание (непрохождение) ультразвукового сигнала.

Причинами затухания ультразвукового сигнала могут быть малая обводненность в верхней части скважин, рассеяние сигнала на границах сред: стенка новой замораживающей колонки – тампонажный раствор – стенка старой замораживающей колонки.

На всю глубину замораживания по геологическому залеганию горных пород выделены 8 интервалов отметок между вышеперечисленными парами замораживающих скважин [2]:

1. Интервал отметок 9,4...22,0 м – глина твердая; по периметру ствола есть не промороженные участки между соседними парами скважин величиной до 0,4 м.

2. Интервал отметок 22,0...40,3 м – глина твердая с включениями дресвы и гравия; по периметру ствола есть не промороженные участки между соседними парами скважин величиной до 0,2...0,4 м.

3. Интервал отметок 40,3...49,4 м глина твердая с включениями дресвы; по периметру ствола есть не промороженные участки между соседними парами скважин величиной до 0,2...0,4 м.

4. Интервал отметок 49,4...52,2 м – глина дресвяная; по периметру ствола горные породы заморожены или находятся в стадии смыкания (стадия смыкания – это не промороженные участки между соседними парами скважин величиной до 0,1 м).

5. Интервал отметок 52,2...58,0 м – глина твердая; по периметру ствола есть не промороженные участки между соседними парами скважин величиной до 0,2...0,4 м.

6. Интервал отметок 58,0...63,2 м – глина твердая; по периметру ствола есть не промороженные участки между соседними парами скважин величиной до 0,5 м.

7. Интервал отметок 63,2...70,0 м – глина твердая с включениями полускальных обломков в нижней части; по периметру ствола есть не промороженные участки между соседними парами скважин величиной до 0,6 м.

8. Интервал отметок 70,0...77,2 м – переслаивания суглинка плотного с песчанистым, с включениями гравия, внизу прослой песчаника; по периметру ствола горные породы заморожены или находятся в стадии смыкания, также есть не промороженные участки между парами скважин величиной до 0,8 м.

Не промороженные участки («окна») в метрах по горизонтали в указанных выше интервалах отметок по высоте между парами скважин приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сква- жины	Интервалы, м							
	9,4-22	22-40,3	40,3-49,4	49,4-52,2	52,2-58	58-63,2	63,2-70	70-77,2
1-2	0,4	0,4	0,4	+	+	0,5	0,4	+
2-3	+	+	+	+	-	-	-	-
3-5	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-
3-6	0,5	0,8	0,8	0,2	0,6	-	-	-
5-6	0,3	0,4	-	-	-	-	-	-
6-7	0,4	0,1	0,1	-	-	-	-	-
6-8	-	0,4	0,4	0,2	+	0,3	0,8	
8-10	0,4	0,4	0,1	+	+	0,8	0,4	+
10-11	0,2	0,3	0,3	0,1	+	0,1	0,4	+
11-12	0,2	0,2	+	0,1	0,4	0,4	-	-
12-13	0,2	0,3	0,1	+	+	0,2	-	-
11-13	0,4	0,5	0,1	0,1	0,4	0,6	0,5	0,2
13-14	0,3	0,4	0,2	0,1	+	0,4	0,3	-
14-15	+	0,3	0,2	+	+	0,3	0,2	-
13-15	0,3	-	-	-	-	-	-	-
15-16	0,1	0,3	0,2	+	0,2	0,4	0,1	+
16-17	0,1	0,1	+	+	+	0,4	0,3	+
15-17	0,3	0,4	+	+	0,2	0,8	0,1	+
17-18	0,4	0,3	+	0,1	0,1	0,3	0,2	+
18-20	0,3	0,8	0,1	0,2	+	0,8	0,8	0,8
20-21	-	-	0,1	0,2	0,4	0,5	0,4	0,4
21-22	0,2	0,3	0,2	-	-	-	-	-
21-24	0,6	1,1	0,5	0,2	0,8	1,0	0,8	0,4
22-24	0,4	0,8	0,3	-	-	-	-	-
24-25	0,4	+	0,2	0,1	0,4	-	-	-
24-26	0,7	0,5	0,3	0,1	0,4	0,7	0,6	0,2
25-26	0,3	0,3	0,1	+	+	-	-	-
26-27	0,2	0,3	0,1	0,1	+	0,4	0,4	0,2
27-28	0,2	0,2	0,1	+	-	-	-	-
27-30	0,3	0,5	0,1	0,1	-	-	-	-
28-30	0,4	0,6	0,2	0,2	-	-	-	-
30-31	0,3	0,4	0,2	0,1	+	0,3	-	-
31-32	0,2	0,2	0,2	0,1	+	0,4	0,4	+
31-33	0,3	0,4	0,2	0,2	+	0,4	0,8	0,4
32-33	0,1	0,0	+	0,1	+	+	0,4	0,4
32-34	0,3	0,4	0,4	0,2	0,4	0,8	0,8	+
34-35	0,3	0,4	0,1	0,1	+	0,4	-	-
35-36	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	-	-	-
36-1	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1	-	-	-
34-1	0,9	1,1	0,7	0,5	0,2	1,4	1,6	0,8

Где «-» - Нет сигнала, «+» - Замкнуто

Заклучение (выводы). Анализ результатов исследований качества замороженных участков вокруг устьевой части стволов показал, что с увеличением глубины данные ультразвукового сигнала ухудшаются. Активного смещения горных пород вокруг горной выработки не наблюдается. Наблюдениями с оценкой несущей способности крепи устьевых частей стволов установлено, что устойчивость массива в условиях образования трещиноватости и проявление реологических процессов в зоне протаивания мерзлых грунтов должны обеспечиваться со значительным запасом.

Список литературы

1. Вакуленко И.С., Николаев П.В. Анализ и перспективы развития способа искусственного замораживания горных пород в подземном строительстве // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – стр. 338-341
2. Акпаров Т.О. Результаты заморозки грунтов при проходки клетового ствола шахты «Тентекская» / Т.О. Акпаров, М.Б. Баизбаев, Р.А. Мусин, Ш.Б. Зейтинова, Ж.К. Богжанова // Инновационные подходы в современной науке: сб. ст. по материалам XLIV Международной научно-практической конференции «Инновационные подходы в современной науке». – М., Изд. «Интернаука», 2019. – № 8(44). – С. 45-48.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 47.43.25

Б.И. Иванов

КГУ «Общеобразовательная средняя школа №3 им. Ю.А. Гагарина», г. Шемонаиха, Казахстан

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МЕСТНОСТИ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА ТЕРРИТОРИИ ШЕМОНАИХИНСКОГО РАЙОНА
ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

В работе проводится анализ причин некачественного телевизионного вещания в Шемонаихинском районе, связанных с негативным влиянием рельефа местности на распространение электромагнитных волн и с угасанием сигнала, идущего от спутника в определенный промежуток времени.

Жұмыста жергілікті жер бедерінің электромагниттік толқындардың таралуына теріс әсерімен және белгілі бір уақыт аралығында спутниктен түсетін сигналдың жойылуымен байланысты Шемонаиха ауданында сапасыз телевизиялық хабар тарату себептері талданады.

The paper analyzes the causes of poor-quality television broadcasting in the Shemonaikhinsky district of the East Kazakhstan region, associated with the negative influence of the terrain on the propagation of electromagnetic waves and with the extinction of the signal coming from the satellite in a certain period of time.

Ключевые слова: рельеф, радиотрансляция, электромагнитные волны, интерференция.

Целью данной работы является анализ причин некачественного телевизионного вещания в Шемонаихинском районе Восточно-Казахстанской области и пути решения для его улучшения.

Современная радиотрансляция осуществляется с помощью спутниковой связи. Спутник передает сигнал на спутниковую антенну наземной станции, где, проходя через приемник, сигнал попадает в передатчик-формирователь ТВ сигнала, затем через усилитель мощности на антенну-вibrator (рис. 1).



Рисунок 1 – Оборудование ретранслятора

Приемник выполняет функцию приема цифрового сигнала через спутниковую антенну. В передатчике-формирователе происходит изменение цифрового сигнала на телевизионный. Частоты телевизионных каналов для удобства разбиты на четыре диапазона в соответствии с табл. 1. В усилителе мощность сигнала увеличивается с 100 мВт до 100 Вт, после чего сигнал передается на антенну-вibrator.

Таблица 1

Частоты телевизионных каналов

Диапазон	Частота, МГц	Номер канала
I	48,5-66	1,2
II	76-100	3-5
III	174-230	6-12
IV	470-790	21-60

Используя данные характеристик каналов ретранслятора, была рассчитана длина волн по формуле

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (1)$$

где λ – длина волны, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$, ν – частота [2], и составлена сравнительная характеристика каналов в виде табл. 2.

Таблица 2

Сравнительная характеристика каналов

Название канала	Диапазоны	Номер канала	Частота (МГц)	Длина волны (м)
Первый канал Евразия	II	5	100	3
Хабар	III	7	185	1,76
Казахстан- I	III	6	170	1,6
Европа +	I	1	60	5

Напряженность поля электромагнитной волны в некоторых населенных пунктах Шемонаихинского района была рассчитана с помощью формулы

$$E = \frac{\sqrt{30 \cdot P \cdot G}}{R} \quad (2)$$

где E – напряженность поля электромагнитной волны, мВ/м, P – мощность, Вт, G – коэффициент усиления антенны, R – расстояние, км. Коэффициент усиления антенны «Первого канала Евразия» равен 1.58, мощность ретранслятора – 100 Вт. Результаты вычислений занесены в табл. 3.

Таблица 3

Распространение сигнала в зоне прямой видимости

№	Населенный пункт	Расстояние от ретранслятора до населенного пункта (км)	Напряженность поля электромагнитной волны (мВ/м)
1	с. Рулиха	13	5,3
2	с. Сугатовка	17	4
3	с. Выдриха	19	3,6
4	с. Кр. Шемонаиха	10	7
5	с. Большая Речка	32	2,2
6	с. Верх-Уба	38	1,8

Жители с. Верх-Уба принимают сигнал из с. Секисовка, потому что от ретранслятора с. Шемонаиха поступает очень слабый сигнал, дающий плохое изображение.

Для учета особенностей распространения электромагнитных волн высокой частоты в условиях исследуемого района была поставлена задача рассмотрения рельефа территории для выявления препятствий прохождения сигнала.

Был проведен анализ топографии изучаемой местности с целью выяснения влияния физико-географических условий местности на распространение электромагнитных волн. Для этого были построены профили местности, что явилось одним из важных методов выявления участков прямой и не прямой видимости ретранслятора. На тестовых участках был произведен расчет напряженности электрического поля электромагнитной волны.

Большое влияние на распространение сигнала оказывает рельеф местности: в одном случае естественные преграды препятствуют распространению сигнала, в другом способствуют, путём его отражения.

Почти все населенные пункты Шемонаихинского района находятся в низинах между холмами и сопками [3].

С. Выдриха располагается на юго-востоке от ретранслятора на уровне р. Убы (рис. 2. Профиль А).



Рисунок 2 – Профиль направления «Шемонаиха – Выдриха»

С. Выдриха имеет протяженность 6 км. Оно частично находится в зоне прямой видимости, частично закрывается вершиной 540 м (находится в «тени») и принимает сигнал, отраженный от г. Ревнюха, расположенной за селом (рис. 3).

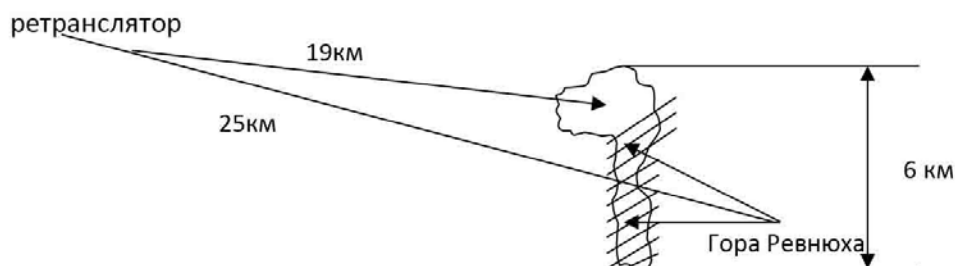


Рисунок 3 – Путь сигнала на с. Выдриха

Напряженность электрического поля электромагнитной волны «Первого канала Евразия» для той части села, которая находится в зоне прямой видимости, согласно формуле (2) равна 3,6 мВ/м.

Для определения напряженности поля в той части села, которая принимает отраженный сигнал была вычислена мощность сигнала около г. Ревнюха с использованием зависимости: 100 км – 140 Вт (для того чтобы сигнал удалился на 100 км, ему необходимо задать выходную мощность 100 Вт). Мощность около г. Ревнюха, которая находится на расстоянии 25 км от ретранслятора, равна 65 Вт. Расстояние от горы Ревнюха до с. Выдриха – 5,7 км. Следовательно, напряженность электрического поля равна 9,7 мВ/м без учета отражения.

Для того чтобы рассчитать напряженность поля после отражения, введён коэффициент отражения k , учитывая характер поверхности гор равный $1/4$. $E = \frac{9,1}{4} = 2,3 \text{ мВ/м}$.

С. Сугатовка располагается на более высоком месте по сравнению с с. Выдриха, но закрывается линейно-вытянутыми гривами, представляющими собой прирусловые волны длиной от 0,5 до 1,5 км и шириной 200-300 м (рис. 4. Профиль В).

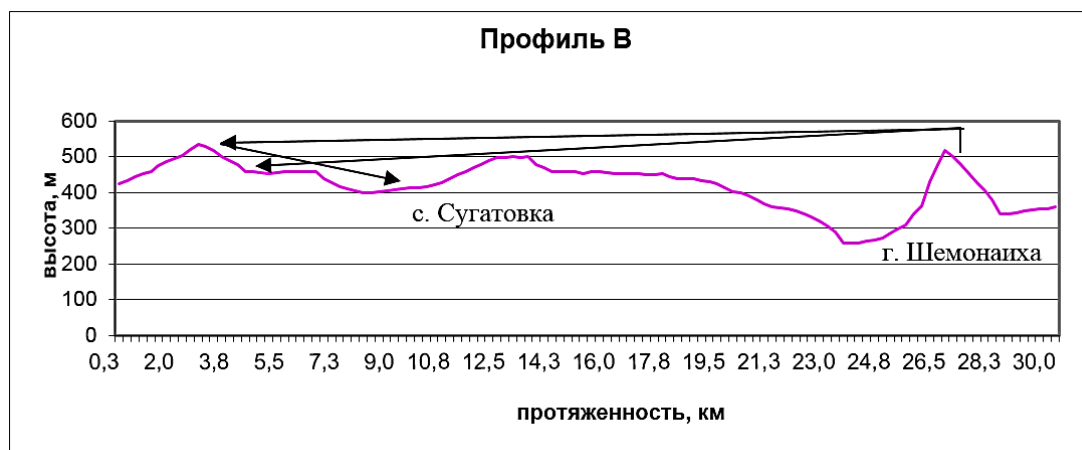


Рисунок 4 – Профиль направления «Сугатовка – Шемонаиха»

Село Сугатовка имеет протяженность 2 км. Все село закрывается вершиной высотой 500 м и находится в «тени». Но на некоторую часть села распространяется сигнал, который отражается от находящейся за ним вершины высотой 537 м. Другая часть села не принимает даже отраженного сигнала, чему препятствует выступ в этой возвышенности (рис. 5).

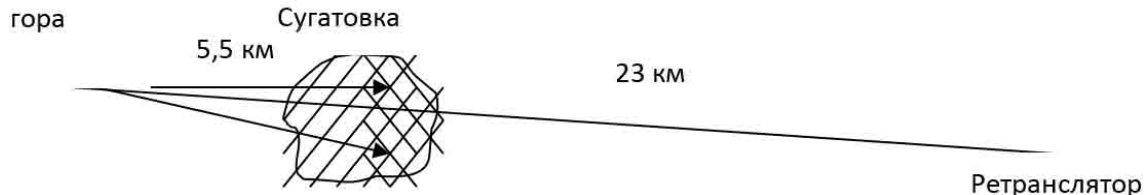


Рисунок 5 – Путь сигнала на с. Сугатовка

Рассчитанная мощность около вершины высотой 537 м, которая находится на расстоянии 23 км от ретранслятора и на расстоянии 5,5 км от с. Сугатовка, равна 67,8 Вт. Согласно формуле (2), напряженность электрического поля без учета отражения равна 10,3 мВ/м. Учитывая характер поверхности гор, коэффициент отражения k равным $1/4$. Тогда напряженность с учетом отражения равна 2,6 мВ/м. Это низкая напряженность поля, и поэтому жители с. Сугатовка принимают очень плохой сигнал.

В отличие от с. Выдриха, с. Рулиха расположено к югу от ретранслятора и закрыто массивом широких холмов урочища Криволаповские горы с абсолютными высотами от 585 до 696 метров (рис. 6. Профиль С).

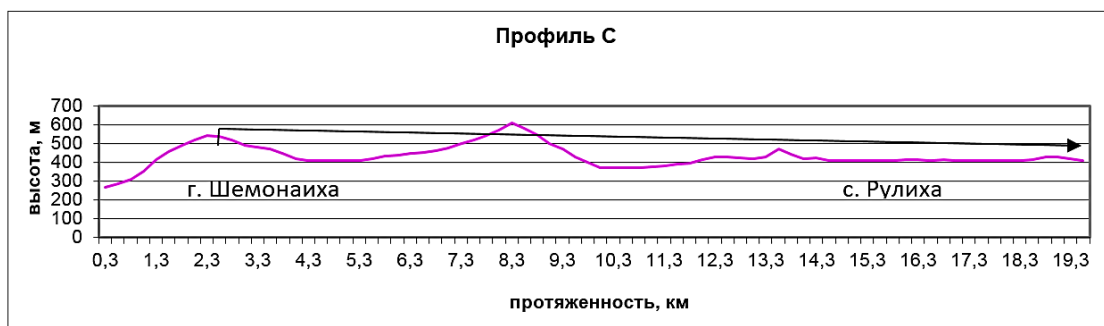


Рисунок 6 – Профиль направления «Шемонаиха – Рулиха»

С. Рулиха закрывается вершиной высотой 580 м и находится в «тени», но оно принимает сигнал, который отражается от двух естественных преград высотой 580 и 690 м. Рассчитанная мощность излучения около второй вершины составляет 87,4 Вт, напряженность поля в с. Рулиха, не учитывая отражения – 12,87 мВ/м. Так как отражение сигнала происходило два раза, то коэффициент отражения k равен $1/16$ и, согласно формуле (1), напряженность электрического поля равна 0,8 мВ/м. Это очень слабый сигнал, практически не дающий никакого изображения.

Помимо рельефа на качество получения сигнала влияют и другие факторы. В процессе исследования было выявлено, что примерно в 16-17 часов дня со спутника начинает поступать очень слабый сигнал. Можно предположить, что это связано со следующим фактором: солнце испускает наряду с видимым светом большое количество ультрафиолетовых лучей и быстрых заряженных частиц, которые, попадая в земную атмосферу, сильно ионизируют ее верхние области. Присутствие ионов и свободных электронов придает ионосфере свойства, резко отличающие ее от остальной атмосферы. Сохраняя способность пропускать видимый свет, инфракрасные лучи, ионосфера сильно отражает электромагнитные волны, идущие со спутника. Для этих волн ионосфера становится как бы сферическим «зеркалом». Такое «зеркало» не только отражает, но и поглощает и рассеивает радиоволны (рис. 7).

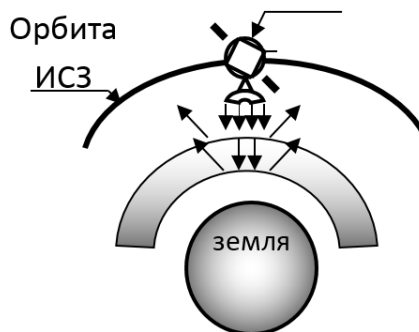


Рисунок 7 – Поглощение и отражение сигнала в атмосфере

Кроме того, свойства «зеркала» меняются с течением времени. Днем при действии солнечного излучения ионизация значительно больше, чем ночью.

В 16-17 часов происходит увеличение концентрации водяных паров в атмосфере, что тоже оказывает негативное влияние на распространение сигнала со спутника до ретранслятора.

Также ухудшение качества сигнала происходит вследствие интерференции электромагнитных волн, испускаемых солнцем, и электромагнитных волн, поступающих со спутника. Интерференция волн наблюдается зимой в 11-12 часов и летом в 13-14 часов, когда солнечная энергия направлена под углом 30 градусов к приемной антенне.

Таким образом, ухудшение сигнала происходит из-за отражения его в ионосфере, поглощения в атмосфере и вследствие интерференции волн.

Для улучшения качества телевизионного вещания можно предложить следующие пути решения:

- увеличить количество элементов антенны-вибратора, что потребует усиления мощности ретранслятора;
- в селах Выдриха, Сугатовка и Рулиха установить антенны, которые улавливали бы сигнал, идущий со спутника;
- без увеличения элементов выходной антенны усилить мощность ретранслятора.

Список литературы

1. Харченко К. УКВ антенны. – М.: Досааф, 1969.
2. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика 11. – М.: Просвещение, 1995.
3. Карта Шемонаихинского района с указанием высот.
4. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. – Т. III. – М.: Наука, 1971.
5. Енохович А.С. Справочник по физике. – М.: Просвещение, 1990.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 87.21.81

Ж.К. Идришева¹, Н.Б. Ермуханова², В.В. Самонин³, З.М. Керимбекова², П.А. Танжарыков⁴

¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

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

³Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет).
г. Санкт-Петербург

⁴Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, г. Кызылорда

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ДЕТОКСИКАЦИИ ПОЧВ, СОДЕРЖАЩИХ ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И РАДИОНУКЛИДЫ

В данной статье рассматривается разработка методов детоксикации почв, содержащих тяжелые металлы и радионуклиды. В качестве токсиканта почвы как модельное вещество использован безопасный изотоп ^{89}Sr – моделирующий радионуклид ^{90}Sr . Питательными растворами являются растворы трилона Б и нитрата аммония.

Бұл мақалада құрамында ауыр металдар мен радионуклидтер бар топырақты детоксикациялау әдістері қарастырылады. Топырақ токсиканты радионуклид ^{90}Sr ретінде қауіпсіз изотоп – модельдеуші радионуклид ^{89}Sr қолданылады. Қоректік ерітінділер – трилон Б және аммоний нитратының ерітінділері.

This article discusses the development of methods for detoxification of soils containing heavy metals and radionuclides. As a soil toxicant, the safe isotope ^{89}Sr – modeling radionuclide ^{90}Sr was used as a model substance. Nutrient solutions are solutions of Trilon B and ammonium nitrate.

Ключевые слова: стронций-89, стронций-90, тяжелые металлы и радионуклиды, почвы, овес, трилон Б, нитрат аммония.

В настоящее время соли тяжелых металлов (ТМ) все чаще являются загрязнителями окружающей среды. Еще более опасны ТМ, изотопы которых являются радионуклидами. В общем случае, радиоактивное загрязнение грунтов может быть предоставлено как тяжелыми естественными радионуклидами – членами радиоактивных семейств урана и тория, так и искусственными радионуклидами – продуктами деления (прежде всего ^{137}Cs и ^{90}Sr) и некоторыми изотопами трансуранных элементов (плутония и др.). Специфика радионуклидов как загрязнителей состоит в том, что

их нельзя разрушить или перевести в нетоксичное состояние, т.е. их присутствие создает долгосрочную опасность для окружающей среды [1].

Фитодезактивация – извлечение радионуклидов из грунта с помощью растений, а также грибов лишайников, культивируемых на соответствующей территории. В качестве объекта исследования и метода биомониторинга выбран овес – наиболее широко используемое для рекультивации почвы растение, что предельно упрощает методику как лабораторных, так и натурных исследований. Выбор данной культуры в качестве объекта исследования основывается на некоторых особенностях овса. На территории СНГ овёс распространён преимущественно в нечернозёмной зоне России, Белоруссии, Казахстане, районах Западной и Восточной Сибири. Состав овса зависит от посевного зерна, условий окружающей среды (почва, климат) и технологии возделывания (удобрения, средства защиты растений).

Материалы и методы. В соответствии с целью данной работы – разработкой методов детоксикации почв, содержащих тяжелые металлы и радионуклиды, используя моделирование наличия радиоактивного стронция-90 обычным нерадиоактивным изотопом стронцием-89 – были выбраны следующие объекты исследования:

- семена овса, проращиваемые в условиях загрязнения почвы тяжелым металлом;
- влияние стронция-89 в почве на всхожесть и рост овса;
- влияние на подвижность катионов-загрязнителей почвы и на их усвояемость растениями полива растворами нитрата аммония и трилона Б;

Решение поставленных задач позволит сделать выводы о применимости данной методики, как инженерного метода защиты ОС, для рекультивации почвы при высоких и низких концентрациях тяжелого металла, что характерно при реагентном и радионуклидном заражении.

Некоторые характеристики вредных веществ, использованных в работе, приведены ниже.

$\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – бесцветные гигроскопические кристаллы. Пыль соединений стронция, попадая в органы дыхания вызывает диффузные интерстициальные изменения в легких, при попадании на кожу – сухость, гиперемия, язвочки. Есть данные, что стронций вызывает сенсibilизацию и развитие экзематозного дерматита. ПДК в воздухе рабочей зоны 1 мг/м³. Всего в работе использовано 120 г хлорида стронция (изотопа 89), что не является существенно опасным.

Трилон Б – белый кристаллический порошок или кристаллы белого цвета, хорошо растворимые в воде, очень малорастворимые в спирте. При попадании в организм вызывает нарушение условно-рефлекторной деятельности, поражение почек. Может вызвать раздражение кожных покровов, слизистых оболочек глаз и дыхательных путей и симптомы бронхита [4].

Нитрат аммония (аммиачная селитра) – негорючее, но способствующее возгоранию других, вещество, взрывоопасное. В огне выделяют раздражающие или токсичные пары (или газы). Риск пожара и взрыва в замкнутых условиях и при высокой температуре.

Выращивание овса осуществлялось в закрытом помещении с удовлетворительной освещенностью со средней температурой в помещении 19 °С и влажностью 70-80 %. Была проведена работа по подготовке субстрата для выращивания растений, заключающаяся в приобретении доброкачественного чернозема марки «УКТ-1». Для снижения концентрации гумуса в субстрате использовался речной песок, прошедший специальную обработку. Крупные частицы и посторонние включения отделены путем отсева на ситах, в работе использовалась фракция 10-25 мм. Для исключения случайного влияния органических примесей и токсикантов в песке, представляющем собой строительный материал, его дополнительно промывали водопроводной водой для удаления растворимых веществ, а затем прокаливали при 600 °С для биологической стерилизации и терморазложения (выжигания) оставшейся органики. Вместе с тем, подготовленный песок не является полностью инертным разбавителем, так как он содержит неорганические микроэлементы, несомненно, оказывающие неучтенное нами воздействие на эксперимент.

Проводилось 3 эксперимента (табл. 1), для которых пробы отбирались по 126 целых зерен в каждой.

Таблица 1

Сводная таблица экспериментальных образцов

№ контейнера (эксперимента)	Содержание эксперимента	Количество
1	Грунт Песок (политые дистиллированной водой)	2500 мл 1250 мл
2	Грунт Песок (политые раствором трилона Б, С = 10 мг/л) Стронций	2500 мл 1250 мл 0,011 г/кг
3	Грунт Песок (политые раствором нитрата аммония, С = 10 мг/л) Стронций	2500 мл 1250 мл 0,011 г/кг

Измерение длины ростков овса. С момента появления первых ростков через 6 дней после посадки начинают проводиться замеры количества взошедших семян и длина их ростков. Замеры проводятся ежедневно посредством линейки с точностью ± 1 мм. Для усреднения индивидуальных особенностей каждого семени в отдельности производится выборка среднего звена среди всего количества проросших семян. Не принимаются в расчет 10 % самых маленьких растений и 10 % самых больших. Процент отбрасываемой части выбран условно. Усреднение выполнено по формуле:

$$l_{cp1} = L - l_{нед} - l_{пер},$$

где: L – общее количество ростков, шт; $l_{нед}$ – количество малоростков, шт; $l_{пер}$ – количество переростков, шт.

Затем усредняют l_{cp1} по формуле:

$$l_{cp2} = \sum l_{cp1-n} / n,$$

где n – общее количество усредненных ростков, шт.

Наблюдения за длиной ростков овса проводятся ежедневно до завершения эксперимента. На 20-й день от начала наблюдений, когда происходит полегание растений, эксперимент прекращается, зеленые побеги срезают, корни осторожно промывают от земли [3].

Эксперимент проводился по следующей методике. Грунт в количестве 75 грамм помещали в полиэтиленовые стаканчики, в каждый из которых высаживали 5 проросших семян. Проращивание проводилось во влажной водной среде при температуре 20-25 °С. Семена заглубляли на 1 см от поверхности грунта, после чего производился полив. В серии 2-3 грунт был загрязнен радионуклидами Sr-90-Y-90 путем внесения концентрированного раствора радионуклидов в исходный грунт с последующим многократным тщательным его перемешиванием. Удельная активность 10^{-4} Ки/кг в серии 1-3, а в эксперименте со стаканчиками № 4-6 – грунта составляла $3 \cdot 10^{-5}$ Ки/кг. Режим полива следующий: 10-13 мл воды или раствора вносили в каждый из стаканчиков 2 раза в неделю. Общее количество поливов – 8; общее время проведения эксперимента – 28 дней. В процессе проведения экспериментов фиксировались следующие параметры: 1 – всхожесть семян, 2 – высота растений, 3 – масса наземной части растений после высушивания при температуре 20-25 °С, 4 – удельная активность растений по их отдельным частям (листья, стебель, корень). Удельная активность растений определялась путем измерений препаратов растений с помощью пересчетной установки РАДЕК БПВН-2000-12 и блока детектирования РАДЕК-BDEB – 0131-2004 с торцевым счетчиком типа СБТ-13. Длительность радиометрического измерения выбиралась такой, чтобы обеспечить погрешность измерения не более 5 %.

Результаты исследования.

Для визуального представления экспериментальных данных и упрощения анализа строим графики влияния полива субстрата растворами трилона Б и нитрата аммония на всхожесть (рис. 1) и на длину растений (рис. 2).

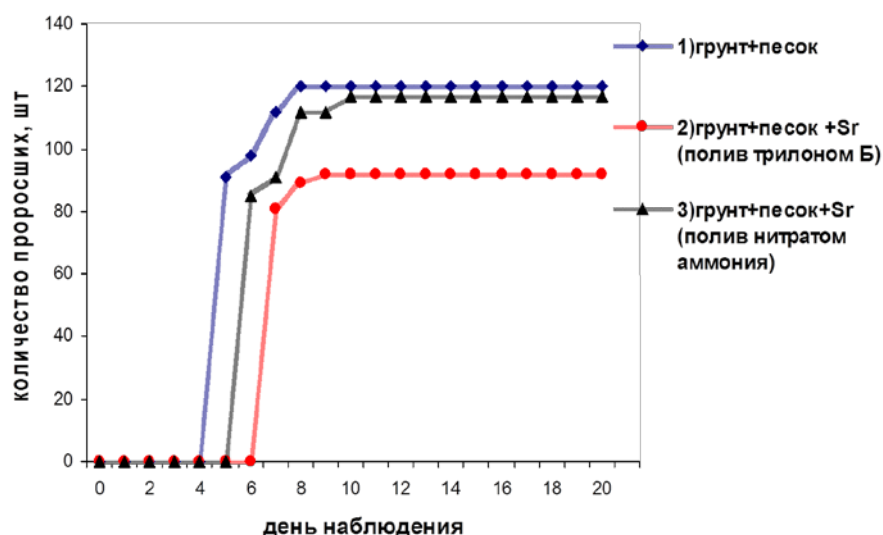


Рисунок 1 – Влияние полива субстрата растворами трилона Б и нитрата аммония на всхожесть

В качестве субстрата используется грунт с песком. В первом опыте растения выращивались в гумусе, перемешанном на половину с песком для оценки влияния исследуемых параметров в «бедных» питательными веществами (нечерноземных) почвах. Овес поливается растворами стронция и растворами нитрата аммония и трилона Б (табл. 2).

Таблица 2

Состав образцов, поливаемых растворами трилона Б и нитрата аммония

№ обр.	Состав субстрата	полив	загрязнитель
1	Грунт+песок (в соотношении 1:1 по сухому остатку гумуса)	Водопроводной водой	—
2	Грунт+песок (в соотношении 1:1 по сухому остатку гумуса)	Трилон Б, C=10 мг/л	Sr
3	Грунт+песок (в соотношении 1:1 по сухому остатку гумуса)	Нитрат аммония, C=10 мг/л	Sr

Как видно из рис. 1, введение в поливочный раствор нитрата аммония задерживает сроки всхожести с 5 до 6 суток (рис. 1, сравн. кривую 1 с кривой 3). При этом процент всхожести определяется уже на 10 сутки и составляет 95 %, и не изменяется до конца эксперимента к 20 суткам.

Замена нитрата аммония на трилон Б задерживает сроки всхожести на одни сутки (до 7 суток) и существенно уменьшает всхожесть от 95 % до 73 %. Таким образом, наличие катиона стронция в почве при концентрации 0,011 г/кг практически не влияет на развитие семян на стадии всходов, а трилон Б проявляет умеренные токсикологические свойства по отношению к растениям овса (рис. 1 см. кривую 3).

Ближкие сроки появления первых всходов на 5, 6, 7 сутки и существенное различие числа всходов в последние дни указывает на то, что влияние нитрата аммония или трилона Б в большей степени приходится на развивающуюся корневую систему растений и мало сказывается на стадии набухания семян в первые 7 суток эксперимента.

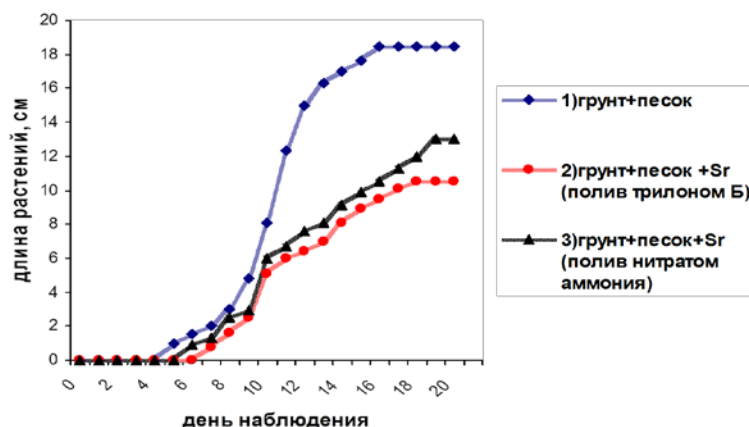


Рисунок 2 – Влияние полива субстрата растворами трилона Б и нитрата аммония на длину растений

Как видно из рис. 2 взаимное расположение кривых изменяется: кривая 3, характеризующая длину растений, поливаемых нитратом аммония, близка к кривой 2, отражающей длину растений, поливаемых трилоном Б. Обе упомянутые кривые располагаются существенно ниже кривой 1, показывающей развитие растений в субстрате, не содержащем стронция и поливаемом обычной водой.

Из рис. 2 можно было бы сделать вывод, что основным фактором, уменьшающим длину растений, является наличие стронция в почве. Однако сопоставление рис. 2 с рис. 1, где кривые располагаются иным образом, говорит о том, что низкое расположение кривых 2 и 3 определяется не только наличием стронция, но и поливкой используемыми реагентами.

Исходя из предположений, что нитрат аммония и трилон Б по-разному влияют на подвижность катионов стронция, дальнейшие выводы в исследовании могут быть сделаны на основании зольного остатка растений (табл. 3).

Таблица 3

Результаты исследования влияния полива растений растворами нитрата аммония и трилона Б на их биомассу, зольность и усвоение почвенного стронция-89

№ обр.	Ср. масса				Число выросших растений в серии, n	Всхожесть, %***	Зола/ БМ, %	Sr/ Зола, %	Sr/ БМ, %
	БМ*, г	Зола, г		Sr, %**					
		Всего	На 1 растение						
1	1,133	0,224	0,002	0,009	120	95	0,1973	0,040	0,008
2	0,535	0,096	0,001	4,300	92	73	0,1789	44,932	8,039
3	0,945	0,148	0,001	5,300	117	94	0,1562	35,883	5,607

*) БМ – биомасса в расчете на высушенное при 60 °С вещество;

**) данные по содержанию Sr в образцах (100 % – содержание всех элементов в золе);

***)) Посажено 126 шт. семян.

Из табл. 3 видно, что величина биомассы, растений, поливаемых растворами нитрата аммония и трилона Б, коррелирует со всхожестью (чем больше всхожесть, тем больше биомасса). Общая масса золы и масса золы на одно растение также коррелирует со всхожестью (чем больше всхожесть, тем больше общая масса золы и масса одного растения). Однако введение стронция с различными сопутствующими веществами нарушает выведенную нами очередность образцов. Во 2 образце золы меньше, но содержание стронция равно 45 % масс., в то время как в образце 3 золы больше, а содержание в ней стронция меньше – 36 % масс.

Выводы. Таким образом, можно сделать вывод, что трилон Б способствует усвоению растениями стронция больше, чем нитрат аммония. Большая доля стронция в золе образца 2 (45 %) показывает, что полив растений трилоном Б усиливает усвоение стронция растениями, но угнетает их развитие (снижает всхожесть и длину растений, см. рис. 1 и 2, кривая 2).

Таблица 4

Результаты влияния поливки растений растворами нитрата аммония и трилона Б на усвоение стронция-90 из почвы

№ обр.	Состав субстрата	Загрязнитель	Способ полива			Часть растения			
			вода	Тр Б	NH ₄ NO ₃	листья	стебель	корень	ср. акт-ть
1	Грунт+ песок (в соотношении 1:1 по сухому остатку гумуса)	Sr-90-Y-90 (удельная активность грунта 10 ⁻⁴ Ку/кг)	+			1557	2368,5	2871	2098
2				+		1178	1248	5778	1225
3					+	431	1536	-	1168
4		Грунт с Sr-90-Y-90 (удельная активность грунта 3*10 ⁻⁵ Ку/кг)	+			491	661,5	-	605
5				+		222	756	-	578
6					+	201	364,5	-	310

Как видно из табл. 4, использование трилона Б при активности стронция-90 в грунте равной 10⁻⁴ Ку/кг приводит к снижению активности листьев, стебля и резкому увеличению активности корневой системы. Напрашивается вывод, что трилон Б способствует отложению стронция-90 в корнях и уменьшает его отложение в стебле растения. Содержание радионуклида в листьях при поливе трилоном Б также ниже, чем при поливе водой. При поливе растений нитратом аммония наблюдается почти трехкратное уменьшение содержания радионуклида стронция-90 в листьях и стеблях, данные для корней отсутствуют. Средняя активность всего растения в целом понижается при поливе растений раствором нитрата аммония – 1168 · 10⁻⁴ Ку/кг. При понижении активности стронция-90 на порядок до 3 · 10⁻⁵ Ку/кг данные аналогичны.

Существовало два различия:

- 1) использование радионуклида ⁹⁰Sr и концентрации ⁸⁹Sr в почве, сопоставимых с фоновыми значениями;
- 2) атомы ⁹⁰Sr, как радионуклиды, являются крайне токсичными для растений, так и вызывают ионизацию окружающих тканей. По этим причинам воздействие и перемещение радионуклида ⁹⁰Sr в живой материи может не совпадать с тем, что мы наблюдаем для нерадиоактивного изотопа ⁸⁹Sr [4,5].

Несмотря на схожесть с металлами, радиоактивные загрязнители имеют свои особенности: обработка радиоактивных загрязнений (РВ) требует повышенных мер безопасности, направленных на уменьшение вредного воздействия радиоактивных веществ на обслуживающий персонал и окружающую среду [2].

Список литературы

1. Акатов А.А., Коряковский Ю.С. Дезактивация радиоактивно загрязненных грунтов. – СПб: СПбГТИ (ТУ), 2018. – 24 с.
2. СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности НРБ-99; Введ. 01.01.2000 г.
3. Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания: ГОСТ 10968-88. – Москва: Стандартиформ, 2009.
4. Трилон Б. – <https://www.chempack.ru/ru/chemical-raw-materials/trilon-b-dinatrievaya-sol.html>.
5. Ермуханова Н.Б., Керимбекова З.М. и др. Показатели загрязнения почвы нефтяного месторождения и его негативное воздействие на природную среду Кызылординской области // Наука и образование без границ – 2019: Sp. z o.o. "Nauka I studia", (Przemysl, Польша). – Том 9. – С.19-24.

Получено 07.02.2020

УДК 631.675

С.А. Ихсанова, К.Д. Бегайдарова

Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г. Уральск

АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИМАНОВ В ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассмотрено наиболее эффективное использование земельных ресурсов, в том числе многолетних лиманов, в целях увеличения стабильных урожаев кормовых культур. Предлагается усовершенствовать технологию орошения для повышения плодородия сельскохозяйственных угодий.

Мақалада ауылшаруашылық өнімдерінің түрлерін арттыру мақсатында жер ресурстарын тиімді пайдалану, соның ішінде көлтабандардың көп жылдық пайдаланылуы, оған әсер етуші факторлар кеңінен қарастырылған. Ауылшаруашылық мақсатындағы жерлердің құнарлығын арттыру үшін суландыру технологиясын жетілдіру ұсынылған.

The article outlines the most effective use of land resources, including the long-term use of the lake, and the factors that affect it to increase the range of agricultural products. It is proposed to improve irrigation technology to improve the fertility of agricultural lands.

Ключевые слова: лиманное орошение, почвенное плодородие, мелиорированные земли, оросительные системы.

Эффективное использование земельных ресурсов является основой для увеличения производства всех видов сельскохозяйственной продукции. Рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения предполагает внедрение инновационных проектов организации территории, повышение культуры земледелия, осуществление мелиоративных, противоэрозионных, природоохранных и организационных мероприятий.

Проблемы повышения урожайности, рационального использования водных, земельных, энергетических и других ресурсов, а также улучшения плодородия почв вызывают необходимость совершенствовать технологию орошения и использования мелиорированных земель, основанную на сохранении благоприятной эколого-мелиоративной обстановки территории и охране окружающей среды.

В степных и полупустынных районах Западно-Казахстанской области важная роль в создании устойчивой кормовой базы, в производстве кормов с малыми затратами и улучшении социально-экономических условий жизни населения принадлежит лиманному орошению. Этот вид позволяет эффективно использовать местный речной сток и воды оросительных каналов для увлажнения почвы и получения высоких и стабильных урожаев кормовых культур.

Многие оросительно-обводнительные системы эксплуатируются более 50 лет. Отсутствие научно-обоснованных методов орошения на землях с длительной продолжительностью эксплуатации, нарушение технологического режима привели к значительному ухудшению эколого-мелиоративного состояния ценнейших земельных ресурсов: падает продуктивность естественного травостоя, ухудшается качество кормов, уменьшается почвенное плодородие, наблюдаются нарушения почвенной структуры, изменения физико-химических свойств активного слоя почвы, химического состава и уровня грунтовых вод. Характерная особенность научно-исследовательского поиска на мелиоративных объектах с применением лиманного орошения естественных угодий, размещенных на солонцеватых лугово-каштановых почвах и солонцах степных при близком залегании минерализованных грунтовых вод, – это необходимость организации экспериментальных исследований на протяжении многих лет.

Таким образом, в настоящее время, в связи с необходимостью удовлетворения потребностей населения в продукции полеводства и создании устойчивой кормовой базы, наиболее актуальным вопросом в развитии орошения, в том числе и лиманного, является оценка современного использования орошаемых земель, выявление факторов, влияющих на их эффективное использование, поиск резервов сбережения водных ресурсов при сохранении повышенного уровня продуктивности орошаемых земель и улучшении их эколого-мелиоративного состояния.

Развитие мелиорации позволит решить острейшие экологические проблемы. В первую очередь сохранить национальное достояние – плодородие почв, обеспечить адаптивно-ланд-

шафтное обустройство сельскохозяйственных земель, рациональное использование земельных и водных ресурсов, разработать высокопродуктивные системы земледелия, адаптированные к местным условиям.

Лиманное орошение в засушливых степных и полупустынных районах Западного Казахстана является надежным фактором стабилизации сельского хозяйства и производства кормов для развивающегося животноводства.

Основные достоинства лиманного орошения определяются простотой конструкции, сравнительно небольшими затратами на строительство и эксплуатацию, возможностью создания их в удаленных от постоянных водотоков малонаселенных районах, позитивным влиянием на увеличение объемов и устойчивость производства кормов и другой сельскохозяйственной продукции.

Затопление лиманов из каналов оросительных систем – гарант обязательного ежегодного орошения и стабильного производства кормов. Использование местного стока в сочетании с подачей оросительной воды на затопление многоярусных лиманов с мелким слоем наполнения является главной особенностью развития лиманного орошения на современном этапе [5].

Анализ современного состояния использования водных ресурсов по Западно-Казахстанской области показал следующее:

- пришедшая в негодность оросительная система не обеспечивает своевременную и в необходимых количествах подачу воды на орошаемые участки. По различным причинам сотни тысяч гектаров орошаемых земель не используются. Одна из главных причин – недостаточное финансирование на эксплуатационные расходы и ремонт элементов оросительных систем (как регулярно, так и лиманного);

- не разработан организационно-экономический механизм регулирования использования водных ресурсов для мелиоративных целей. Хотя существуют механизмы функционирования системы платного водопользования как для хозяйствующих субъектов аграрного производства, так и других отраслей промышленности, в целом не разработан механизм стимулирования эффективного и рационального использования орошаемых участков;

- площади лиманного орошения находятся в лучшем состоянии, однако на 80 % площадей требуются ремонтные работы по расчистке каналов, ремонту дамб и сооружений. Из-за хозрасчетных отношений многие крестьянские хозяйства не в состоянии оплачивать подаваемую воду, вследствие чего не в полной мере используются по назначению наиболее ценные темно-каштановые, каштановые и лугово-каштановые почвы с благоприятным мелиоративным состоянием. Если за последние пять лет заливалось в весенний период в среднем около 46000 га земель лиманного орошения, то в 2010 году залито всего 16900 га, а в 2017 году чуть более 18000 тыс. га.

Избыточное содержание поглощенного натрия в почвах каштанового типа при орошении вызывает неблагоприятные изменения в реакции почвенного раствора.

Избыток поглощенного магния вызывает увеличение общей щелочности почвенного раствора, что приводит к снижению подвижности азота и фосфора в почве. Установлено, что значительное содержание поглощенного натрия вызывает угнетение культурных растений. Состав поглощенных катионов оказывает влияние на величину pH и подвижность органических веществ. Состав и соотношение обменных катионов оказывают значительное влияние и на физические свойства почв. Почвы, насыщенные кальцием и магнием, при орошении не теряют водопроходной структуры. Солонцовые почвы, содержащие 20-30 % обменного натрия от емкости поглощения, при орошении резко снижают водопроницаемость, становятся бесструктурными и малоплодородными.

Важным показателем качества травостоя является наличие в нем ценных кормовых трав. В травостое данного лимана значительно преобладают многолетние травы из семейства мятликовые, в частности пырей ползучий, характеризующийся как ценный кормовой злак. Питательная ценность колеблется в пределах 0,4-0,43 кормовых единиц.

Чрезмерное увлажнение почвы после затопления с последующим сильным ее иссушением в летне-осенний период часто приводит к снижению биологической активности и интенсивности нитрификации, подавляет деятельность микроорганизмов, минерализующих органическое вещество. Так, на отдельных участках, допуская в течение длительного времени переувлажнение

почвы из-за ухудшения технического состояния оросительно-отводной системы и не соблюдения режима затопления лиманов, наблюдается смена более ценных в кормовом отношении и высокоурожайных видов естественного травостоя на менее ценные и менее урожайные гигрофиты, в основном сложенные из осоковых и ситниковых растений.

Основными факторами, влияющими на максимальное, целевое и эффективное использование орошаемых земель области, являются:

- себестоимость товарной продукции орошаемых угодий, включающей затраты на проектирование, закуп, строительство и обслуживание оросительной системы, дождевальной техники, оплаты электроэнергии, воды и т.д.

- размеры орошаемых участков юридических формирований, направленность их производственной деятельности;

- стабильность обеспечения водными ресурсами в разные по водообеспеченности годы;

- почвенно-климатические характеристики орошаемых регионов;

- способ и техника полива, применение современных технологий орошения.

На основании проведенных анализов можно сделать следующие заключения:

- для лиманного орошения применение современных энерго-, водосберегающих технологий с учетом ландшафтных и почвенно-климатических особенностей региона, себестоимости производимой продукции;

- для восстановления плодородия почв и кормовой продуктивности земель лиманного орошения целесообразно на основе проведения инвентаризации и мониторинга состояния земель ярусов лиманов провести их реконструкцию, с последующим переустройством в расчете на использование ресурсосберегающих режимов затопления;

- требуется разработка и внедрение технологий поверхностного и коренного улучшения травостоя, обеспечивающих экологическую устойчивость мелиоративных агроландшафтов и высокую урожайность сенокосов с малыми затратами энергетических ресурсов;

- лиманное орошение естественного травостоя в Западном Казахстане необходимо организовывать на луговых и лугово-каштановых почвах при разных гидрогеологических условиях.

Список литературы

1. Айдаров, И.П. Экологические основы мелиорации земель // Природообустройство. – М., 2012. – № 3. – С. 10-16.
2. Ахмеденов К.М. Эколого-хозяйственный баланс степного землеустройства Западно-Казахстанской области / Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2008. – №3(19). – С. 15-18.
3. Варламов А.А. Экология и использование земель // Сельское хозяйство. – М.: Знание. – 1991. – №12.
4. Вьюрков В. Землям Приуралья – рациональное использование / В. Вьюрков, С. Нургалиев // Земельные ресурсы Казахстана. – 2013. – №1. – С. 27-31.
5. Онаев М.К. Лиманное орошение в Западно-Казахстанской области. – Уральск, 2011. – 110 с.
6. Онаев, М.К. Экологические проблемы лиманов Западно-Казахстанской области. – Уральск: 2008. – 62 с.
7. Фетисов, И.М. Повышение продуктивности пойменных и лиманных лугов Чижино-Дюринских разливов Западно-Казахстанской области / И.М. Фетисов, Р.Ж. Кожагалиева // Информ. листок. – Уральск: Зап.-Казахст. ЦНТИ, 2007. – № 2. – 2 с.

Получено 07.02.2020

MFTAA 52.47.27

К.А. Ихсанов, Г.Е. Калешева, К.Ж. Губайдуллин, А.В. Ким

Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Орал қ.

ЖОҒАРЫ ТҰТҚЫРЛЫ МҰНАЙ ӨНДІРУ КЕЗІНДЕ ҰҢҒЫМАЛАРДЫҢ ӨНІМДІЛІГІН АРТТЫРУҒА АРНАЛҒАН ГИДРОСОҚҚЫЛЫ ҚОНДЫРҒЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫН ЖЕТІЛДІРУ

Мақалада жоғары тұтқырлы мұнай мен ауыр битумды дәстүрлі мұнайға балама ретінде қараймыз. Түрлі бағалаулар бойынша олардың қорлары төмен және орташа тұтқырлықтағы қалған мұнай қорларынан асып түседі. Осыған байланысты өндірісті ынталандыруға бағытталған технологияларды енгізу қағидаларын ғылыми тұрғыдан негіздеу, сондай-ақ өндірісті ұлғайту үшін жоғары тұтқырлықтағы мұнай қабатына әсер ету үшін құрылғыны жобалауды жетілдіру маңызды міндет болып табылады.

В статье высоковязкие нефти и тяжелые битумы рассматриваются как альтернатива традиционной нефти. По разным оценкам их запасы превышают остаточные извлекаемые запасы нефти малой и средней вязкости. В связи с этим научное обоснование принципов реализации технологий, направленных на стимулирование добычи, а также усовершенствование конструкции устройства для воздействия на пласты высоковязких нефтей с целью увеличения добычи является актуальной задачей.

Heavy crude oil and natural bitumen in many countries are viewed as an alternative to conventional oil. According to different estimates, heavy crude oil reserves exceed the remaining recoverable oil reserves with low and medium viscosity. In this regard, data-based assessment research becomes urgent in developing technologies that can help stimulate heavy crude oil production.

Түйін сөздер: Кенорны, ұңғыма, түп маңы аймағы, ұңғыманың өнімділігі, гидросоққылы қондырғы, пульсатор.

Қазіргі кездегі мұнай өндірудің әлемдік құрылымындағы негізгі ерекшелік, шикізат ресурстары қорындағы алынуы қиын мұнай қорлары мөлшерінің артуы, оларға негізінен ауыр және тұтқырлығы 30 МПа астам болатын жоғары тұтқырлы мұнайлар жатады. Тұтқырлық көрсеткіші бұл мөлшерден асқан кезде мұнай өндіруде біраз қиындықтар туындайды. Жоғары тұтқырлы мұнайлар температураның нақты бір аралығында «ньютондық емес» қасиеттерге ие болады және оны есепке алмаса ұңғымаларды тиімді пайдалану, мұнайды жинау, дайындау және тасымалдау мүмкін болмайды.

Мұндай көмірсутектер қорлары аз тұтқырлы және жеңіл көмірсутектер қорларымен салыстырғанда едәуір дәрежеде артық және мамандардың бағалауы бойынша олардың қоры 1 трлн т-дан асып түседі. Өнеркәсіп дамыған елдерде олар мұнай өндіру резервтері түрінде емес, керісінше жақын жылдардағы мұнай өндіруді дамытудың негізгі базасы ретінде қарастырылады.

Қазақстанда өндірілуі қиын мұнай қорлары көбеюде, олардың жалпы көлемі 720 млн т құрайды. Қазақстанда негізгі ауыр мұнай кен орындарының шоғыры Батыс Қазақстанда, Маңғышлақтағы Бозашы түбегінде орналасқан, онда 30-ға жуық жоғары парафинді мұнай кен орындары ашылған. Олардың ішінде кәсіпшілік игерудегі Өзен, Жетібай, Солтүстік Бозашы, Қаражанбас, Қаламқас, сонымен қатар Ақтөбе облысында орналасқан Кенкияқ жоғарытұтқырлықты мұнай кен орындары бар [1].

Өткізгіштігі төмен коллекторға (ӨТК) орналасқан жоғарытұтқырлықты мұнай қорларын игеру тиімділігін арттырудың маңызы зор. Бұл бағыттағы ғылыми-зерттеу және кәсіптік-тәжірибе жұмыстары мұнай өндіру және айдау ұңғымаларының түп маңы мен мұнай қабатының алыс аймағына әсер ететін жаңа технологияны жасақтау мен қолдануға бағытталған. Міндеттер тиімді технологияны таңдап алу және іс жүзінде қолдану арқылы қабатқа әсер етудегі шығынды азайтуға және төменгі тиімділікті немесе тиімсіз ұңғымаларды тиімді қатарына ауыстыруға бағытталған.

Айдау және өндіру ұңғымаларының жұмыс істеу үдерісінде ұңғыманың түп аймағында (ҰТА) жыныстардың өткізгіштігі төмендейді, ол әсіресе өткізгіштігі төмен коллекторлар үшін ерекше сипатта болады. Оның негізгі себептерінің бірі – қабатқа бастыру немесе жуу сұйықтарының енуі, тұщы сумен қаныққан саз бөлшектерінің ісінуі, су-мұнай эмульсияларының түзілуі, термобарлық

жағдайлар өзгерген кезде мұнайдағы асфалттышайырлыпарафинді тұнбалардың шөгуі мен мұнаймен бірге ілесіп шығатын судағы тұздардың тұнбаға түсуі мен шөгуі, ұңғыма түп аймағында механикалық қоспалар мен металдардың тоттану қалдықтарының жиналуы, ұңғымаларды құрастыру және пайдалану кезінде гидродинамикалық әсерінен тау жыныстарының тығыздалуы, қабат қысымының төмендеуі кезінде жарықтардың жабылуы.

Көрсетілген процестердің нәтижесінде кольматация аймағынан қабаттың тиімді қалыңдығы жалпы алынған қабаттың 30-дан 80 %-ға дейін көлемін құрайды. Осы жағдайда мұнайдың қалдық қорларын игеру, жаңа технологияларды қолдануды және қосымша капитал жұмсауды қажет етеді.

Ұңғыма түп аймағына физикалық-химиялық әсер етудің тиімділігін арттыру кешенді технологияны енгізумен жүзеге асырылады.

Мұнай өндіруді қарқындалту және қабаттың мұнайбергіштігін арттырудың қышқылды әдістерін қолдану шоғырларды игерудің бастапқы және сусыз сатыларында жоғары тиімділікті береді.

Физикалық-механикалық әдістердің негізгі мақсаты – сүзбелену каналдарды бітейтін заттардан тазарту немесе жаңа сүзбелену каналдарын қалыптастыру болып табылады. Оларға, ұңғымада ағынды сораптарды қолдану, ұңғыма түбіне вибросокқылы әсер ету мен қабатты құрғатуларды жатқызуға болады.

Төменгі өткізгіштікті кеніштерге әсер ететін геологиялық-техникалық шаралардың (ГТШ) тиімділігін арттыру қабатқа әсер ететін қарқындалту факторлар құрамына өте байланысты болады. Бұл бағытта, қабатқа әсер ететін физикалық-химиялық, жылулық және гидродинамикалық факторлар құрамынан тұратын кешенді технологияларды қолдану ең тиімді болып саналады.

Өткізгішті төмен қабаттарда сұйық ағысын жеделдету әдістерінің негізгі перспективті бағыттарына, қабатқа химиялық және жылулық факторлар мен бірге гидроимпульсты әсер етудің интеграциялары (бірігуі) болып табылады. Төмен өткізгіштік қабатқа, қабатты жару сұйығы ретінде қышқыл ертіндісін айдаумен қатар, бірнеше рет қайталанатын гидросокқыларды қолдану жарықтардың ашылуы мен тереңдігін бірте-бірте өсіріп отырады, соның салдарынан өткізгішті төмен қабатқа қышқыл ертіндісінің енуі жеңілдейді.

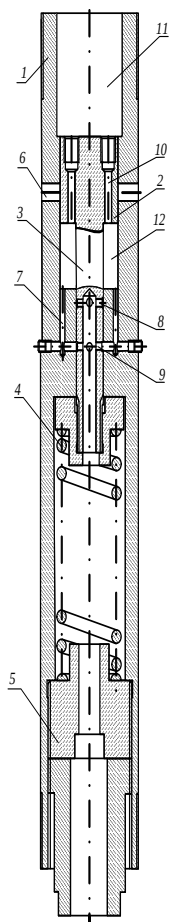
Клапанды түрдегі пульсаторлар төмен жиілікте (0,5-тен 30 Гц дейін) және жоғары амплитудада (20 МПа дейін) гидросокқылы импульстарды қалыптастыруға мүмкіншілік беретіндігі белгілі. Онан басқа, сұйықты ортада орналасқан қондырғыдан сұйық ағысы мезгіл-мезгіл аққан кезде, сұйықты ортада тербелмелі үдерістер пайда болады.

Осыған байланысты берілетін сұйықтықтың ағысын өзгертуге мүмкіндік бере отырып пульсациялық жұмыс режимде және пульсациясыз тікелей жуып шаюды жүзеге асыруға болады, сонымен қатар өңдеуден кейін жуу үшін сұйықтықтың кері қарай еркін өтуін қамтамасыз ететін клапан түріндегі пульсатор қондырғысының (1-сурет) тәжірибелі үлгісі жасалынуы керек. Сонымен қатар қондырғы конструктивті өзгерістер (серіппені сығу) арқылы қалыптасқан пульсациялардың амплитудасын өзгертеді [2].

Пульсатордың құрылысы 1-суретте көрсетілген: 1 корпус, 2 поршень мен 3 шток, 4 серіппеге негізделген, оның әсері іші бос 5 гайкамен реттеледі. 1 корпус сұйықтықты өткізетін 6 тесіктерден (саңылаулардан) және 7 поршень астындағы каналдардан тұрады.

Шток 3 ішкі бөлігі бос каналмен 7 бірінен соң бірі қосылуға мүмкіншілігі бар екі қатарлы 8 және 9 радиалды тесіктерден жасалынған. Поршеньде 2, поршень үстіндегі 11 және поршень астыдағы 12 қуыстарды қосатын дроссельді тесіктері 10 бар.

Жұмысшы сұйықтығының шығыны аз болған (1 л/с кем) кезде дроссельді тесіктердегі 10 қысым азайғанда серіппе 4 қысуға және канал 7 мен радиалды тесіктер 9 арасындағы байланысты үзуге мүмкіндік бермейтіндей етіп дроссельді тесіктер 10 және серіппе 4 таңдап алынған. Осы кезде жұмысшы сұйықтық СКҚ арқылы поршень үстіндегі қуысқа және дроссельді тесіктермен 10 поршень астындағы қуысқа 12 ағып келеді, онан ол каналдар 7, сұйықтықты өткізетін тесіктерден 6, штоктың өстік қуысы 3 және қуысты гайка 5 арқылы пульсациялық емес режимде құбыраралық кеңістікке келеді.



1-сурет – Соққылы пульсатор құрылғысы:

Дроссельді тесіктердегі 10 қысым айырмашылығының артуына байланысты жұмысшы сұйықтың шығыны өсуі кезінде поршень үстіндегі қуыста 11 қысым жоғарлайды және поршень 2 шток 3 арқылы серіппені сығады 4. Осы кезде радиалды тесіктер 9 поршень астындағы каналдан 7 ажыратылады және гайка 5 мен қуысты шток 3 арқылы ағатын жұмысшы сұйықтың ағысы тоқтайды, ал қысым (гайка 5 көмегімен серіппенің 4 сығылуымен анықталатын) жұмысшы мәнге дейін артады.

Сұйықты шығару тесіктерінің 6 ашылуы алдында поршень 2 қозғалғанда, радиалды тесіктермен 8 канал 7 қосылады, және оған сәйкес поршень астындағы қуыста 12 қысымның азаюы байқалады. Дроссельді тесіктердегі 10 пайда болған қысым айырмашылығына байланысты, поршень 2 қосымша күш импульсын алады және оның әсерінен сұйықты шығаратын тесіктер 6 тез ашылады.

Құбыраралық кеңістікке жұмысшы сұйықтық импульсті лақтырылады және ұңғыманың атқылау аралығы аймағында қабатқа таратылатын жоғары амплитудалы қысымы бар гидросоққылы толқын пайда болады.

Жұмысшы сұйықтық поршень үстіндегі қуысқа лақтырылғаннан кейін қысым азаяды және поршень, серіппе әсерінен кіретін саңылауларды жабады, соның нәтижесінде поршень үстіндегі қуыста қысым қайтадан жұмысшы мәнге дейін артады. Құбыраралық кеңістікке жұмысшы сұйықтық қысымының лақтырылуы қайталанады, ал қабаттағы кеуекті және сұйықтық ортадағы құбыраралық кеңістікте микрожарықшалар тораптарының пайда болуына ықпал ететін тербелмелі үрдіс қалыптасады.

Пульсатордың жұмыс жасау принципінің жазылуынан шекаралық жағдайларды есепке ала отырып, пульсатордағы қысым айырмашылығының азаюы әсерінен дросселдеу эффектісінен поршеннің ығысуы пайда болады және серіппе қатайды сондықтан берілген пульсатордың математикалық моделі жасалады. Одан әрі, жұмыс сұйығының шығыны мен пульсация қысымының арасындағы теориялық байланыстылық алынады.

Соққылы пульсатор құрылғысының жұмыс ерекшелігін толық зерттеу мақсатында нақты жағдайларға жақындатып зерттеу және сынау циклдарын жүргізу жасалынған. Сыналатын құрылғы жұмысының сенімділігін теориялық зерттеулер мен есептер көрсеткен, сонымен қатар шығыс параметрлері: пульсация амплитудасы 5-7 МПа сұйықтықтың шығыны 7 л/с және жиілігі 0,5-0,6 Гц болғанда, талдау барысында келесі көрсеткіштер нәтижелерін көруге болады:

– құбыраралық кеңістікте қысым импульстарының қарқынды артулары байқалады;

– құбыраралық кеңістікте жиілігі 1 Гц және амплитудасы 10 МПа болған жағдайда қысым өзгеруінің аралығында жиілігі шамамен 15-20 Гц және амплитудасы 5-6 МПа импульстар байқалады.

Қабатқа химиялық реагенттерді импульсты режимді қолданып айдау, сүзбелену жолдарының қосымша кеңейуіне мүмкіндік береді.

Төменгі өткізгішті қабатқа әсер ететін ең тиімді әдістердің бірі болып гидросоққылы қондырғымен (пульсатормен) бірге арынды сораптың тандемді жиынтығын қолдану болып саналады.

Қабаттағы депрессия жағдайы кезінде серпімді тербелістер (гидросоққылар) фазалардың – су, мұнай немесе газ жауып қалу әсерінің азаюына, сұйықтың сүзбелену жылдамдығының артуына, ұңғымаға кольматация материалының құюылуына мүмкіндік береді, соның әсерінен ұңғыма түп маңындағы (ҰТМ) өткізгіштіктің қалпына келуі арқылы ағынның профилі тегістеледі және бұрын-соңды игеруге ілікпеген немесе ластанған қабатшалар жұмысқа қосылады.

Қалыпты қысым импульстары берілген конструктивтік сипаттамаларында орташа амплитудасы 0,9 МПа және жиілігі 0,01 Гц көрсетіп, ҰТМ-да гидросоққы үрдістерін туғызады. Аталған технология бойынша жасалатын жұмыстар ұңғыманы күрделі жөндеуді қосымша материалдық шығындарсыз жүргізуге мүмкіндік береді [2].

Жоғарыдағы талдаулар негізінде келесідей қорытынды жасауға болады, төменгі өткізгіштікті қабаттарға тиімді әсер ету үшін химиялық, физикалық-механикалық, физикалық және басқа факторларды біріктіретін технологиялар кешенін қалыптастыру қажет, ол жоғарыда көрсетілген қабаттар жағдайында қабаттағы флюидтердің сүзілуіне және оны толық көлемде өндіруге мүмкіндік жасайды.

Қабатқа импульсты әсер ету технологиясын зерттеу келесі мәселелерді анықтауға, импульсті пульсатордың математикалық моделін құруға, берілген параметрлер кезінде сәйкесті көрсеткіштерді анықтауға мүмкіндік береді.

Қорытындылай келе, қабаттың төменгі өткізгіштігіне тиімді әсер ететін химиялық, физико-математикалық және т.б. факторларды ескеріп кешенді технология жасақтау қажет екендігі ұсынылады. Гидросоққылы қондырғыны жаңарту, жоғары тұтқырлы мұнай өндіруші ұңғымалардың өнімділігін 10-15 % арттыруға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Надиров Н.К., Дальян И.Б. Нефтебитуминовые породы и тяжелые нефти в Западном Казахстане образование и методика поиска // Нефть и газ. – 2005. – №1. – С. 3-12.
2. Ткачев Д.В., Гавриленко А.И., Родионов В.И. Разработка и применение струйных аппаратов новых конструкций для освоения скважин и интенсификации притока // Поиски и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь: сб. науч. тр. – Гомель: БелНИПИнефть, 2010. – Вып. 7. – С. 174-179.
3. Ихсанов К.А. Перспективность развития нефтегазового комплекса Северо-Западной части Прикаспийской впадины: Матер. междунар. практ. конф. «Наука и качественное образование – основа индустриализации и инновационного развития Казахстана» посв. 20-летию Независимости Республики Казахстан. – Уральск: ЗКИТУ, 2011. – С 78-82.
4. Гавриленко А.И. Технология депрессионно-импульсного воздействия с использованием тандемной компоновки скважинного оборудования // Бурение и нефть. – 2008. – № 2. – С. 34-36.

5. Калешева Г.Е., Ихсанова С.А. Новые средства добычи нефти: Материалы межд. науч.-практ. конф. «Индустриально-инновационная политика: состояние и перспективы развития». – Уралск: ЗКАТУ, 2006. – С.12-14.
6. Калешева Г.Е. Об изучении и использовании высоковязких нефтей и природных битумов: Матер. науч. журн. «Вестник Атырауского института нефти и газа». – Атырау: АИНГ, 2010. – С. 61-62.
7. Калешева Г.Е. Закономерности формирования и распространения тяжелых битумов в солянокупольных областях: Материалы межд. науч.-практ. конф. «Индустриально-инновационная политика: состояние и перспективы развития». – Уралск: ЗКАТУ, 2006. – С.12-14.
8. Калешева Г.Е. Закономерность распространения нефтебитуминозных пород и высоковязких нефтей в Западно-Казахстанских областях // Молодой ученый. – Казань, 2014. – №4 (63). – С. 413-441.
9. Калешева Г.Е. Закономерность распространения формирования расположения, выявления и освоения месторождений тяжелых битумов в солянокупольных областях // Молодой ученый. – Казань, 2014. – №4 (63). – С. 413-441.
10. Молчанов А.Г. Машины и оборудование для добычи нефти и газа. – М.: Альянс, 2013. – 588 с.
11. Тагиров К.М. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин / К.М. Тагиров. – М.: Academia, 2012. – 336 с.
12. Малофеев Г.Е. Мирсаетов О.М., Чоловская И.Д.; Нагнетание в пласт теплоносителей для интенсификации добычи нефти и увеличения нефтеотдачи / НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика» Ин-т компьютерных исследований. – Москва, 2008. – 224 с.

Қабылданды 07.02.2020

МРНТИ 75.31.19

В.П. Колпакова, Ю.Н. Еремеева, С.Б. Анапьянова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ВОДОСБЕРЕЖЕНИЮ И РЕЦИРКУЛЯЦИИ ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ ВКГТУ ИМ. Д. СЕРИКБАЕВА

Мероприятия по водосбережению и рециркуляции воды являются актуальными в современных условиях, когда наблюдается дефицит водных ресурсов во всем мире. В статье рассмотрены мероприятия по водосбережению и рециркуляции воды при реализации проекта «Green Campus» в ВКГТУ им. Д. Серикбаева.

Su ünemdeu және суды рециркуляциялау жөніндегі іс-шаралар әлемде су ресурстарының тапшылығы байқалатын қазіргі заманғы жағдайларда өзекті болып табылады. Мақалада Д. Серікбаев атындағы ШҚМТУ-да «Green Campus» жобасын іске асыру кезінде суды үнемдеу және суды рециркуляциялау жөніндегі іс-шаралар қарастырылған.

Measures for water conservation and water recycling are relevant in modern conditions, when there is a shortage of water resources around the world. The article deals with measures for water conservation and water recycling in the implementation of the project «Green Campus» in EKSTU. D. Serikbayeva.

Ключевые слова: *потери воды, водоразборный прибор, приемник сточных вод, бесконтактный смеситель, водосбережение, ливневые сточные воды, очистка поверхностных сточных вод, рециркуляция вод, Green Campus.*

ВКГТУ им. Д. Серикбаева в настоящее время реализует проект «Green Campus», включающий программы по водосбережению и рециркуляции воды. Разработка программы по водосбережению проводилась в двух направлениях: использование водозэффективных санитарно-технических приборов и проектирование системы водосбора атмосферных осадков с поверхностей кровли для полива прилегающих зеленых насаждений.

Для осуществления программы по водосбережению в первом направлении в санузлах главного корпуса ВКГТУ (корпус ГЗ) было частично заменено традиционное санитарно-техническое обо-

рудование на современное: умывальники с датчиками для включения воды; датчики протечек под мойками (при обнаружении протечки автоматика перекрывает воду); аэраторы на смесителях для уменьшения расхода воды; экономичные бачки для смыва в туалетах (с двухрежимным механизмом смыва).

Таким образом, установка водозэффективных санитарно-технических приборов позволит сократить расход воды в периоды, когда она течёт впустую и когда есть возможность обойтись меньшим её количеством. Для осуществления программы по водосбережению по второму направлению был определен расчетный расход дождевых вод (Q , л/с) для кровель с уклоном до 1,5 % по формуле:

$$Q_{расч} = F \times q_{20} / 10000, \quad (1)$$

где F – водосборная площадь, м²; q_{20} – интенсивность дождя, л/с, с 1 га (для данной местности), продолжительностью 20 мин при периоде однократного превышения расчетной интенсивности, равной 1 году (принимается согласно [1]), $q_{20} = 80$ л/с.

Расчетный расход поверхностных сточных вод с кровель главного корпуса ВКГТУ приведен в табл. 1. Для определения диаметров стояков (наружных водостоков) со скатной кровли по формулам (2)-(3) были проведены расчеты критического расхода, л/с:

$$Q_{кр} = \sqrt{H/S_0}, \quad (2)$$

где H – располагаемый напор, м; S – полное сопротивление системы, м×с²/л², и полного (суммарного) сопротивления системы:

$$S_0 = Al + A_m \sum \xi, \quad (3)$$

где A – удельное сопротивление трения; l – длина трубопровода, м; A_m – удельное местное сопротивление трения; $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений в системе (включая вход в воронку и выпуск).

Таблица 1

Расчетный расход поверхностных сточных вод с кровель главного корпуса ВКГТУ

Наименование корпусов	Площадь корпусов, м ²		Расход, л/с	
	общая	1/2	общий	1/2
Корпус Г1	3178	1589	25,42	12,71
Корпус Г2	1452	726	11,62	5,81
Корпус Г3	1580	790	12,64	6,32
Библиотека с переходом	1753	877	14,02	7,01
Аквариум	1624	812	12,99	6,50
Лабораторный	2639	1320	21,11	10,56
Переход в лабораторный	381	-	3,05	-
Итого	12600	6300	100,85	48,91

Диаметры стояков (наружных водостоков) со скатной кровли, согласно расчетов, составили 100 мм. Отвод поверхностных сточных вод с кровли запроектирован с помощью пластиковых водосточных систем. Вода с кровли собирается в емкость для полива прилегающих зеленых насаждений.

План-схема расположения стояков наружной системы водосбора атмосферных осадков с поверхностей кровли главного корпуса ВКГТУ приведена на рис. 1.

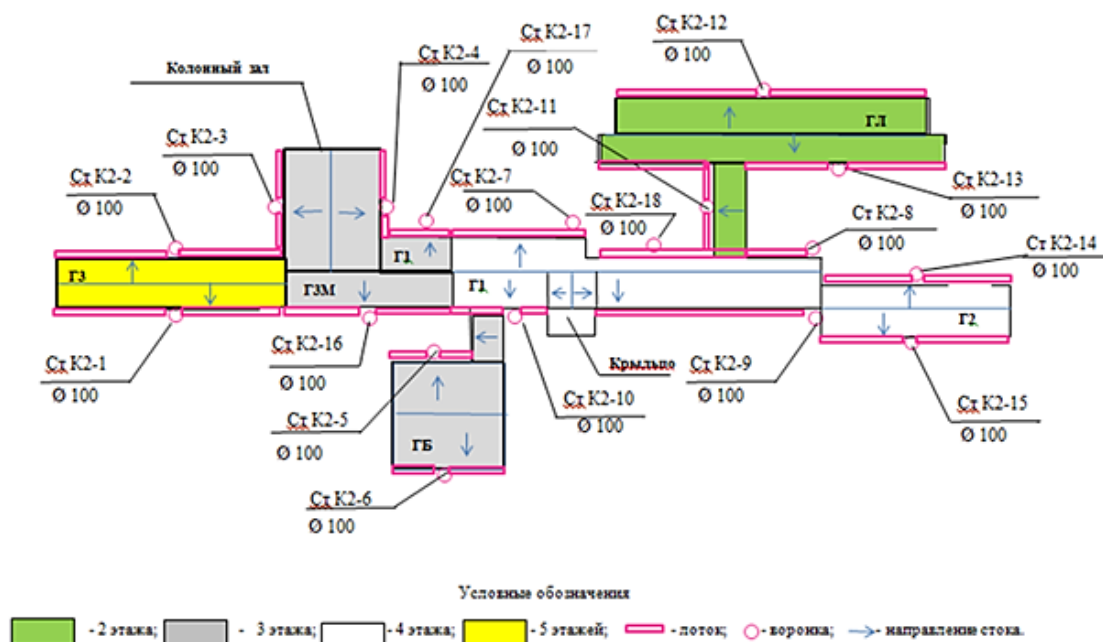


Рисунок 1 – План-схема расположения стояков наружной системы водосбора атмосферных осадков

Таким образом, реализация программы по водосбережению позволит сократить потребление воды питьевого качества для нужд полива прилегающих зеленых насаждений и приведет к сокращению потребления «неэффективного» расходования воды во внутренней системе водоснабжения на хозяйственно-бытовые нужды сотрудников и студентов университета.

Программа по рециркуляции воды предусматривает сбор и очистку поверхностных сточных вод с территории парковки перед главным корпусом ВКГТУ. При разработке данной программы были произведены: расчет поверхностных сточных вод с территории парковки; расчет трубной (лотковой) сборно-распределительной системы для организации сбора и подачи атмосферной воды; расчет и подбор оборудования для очистки, аккумулирования и подачи атмосферных вод на полив зеленых насаждений; разработана схема очистных сооружений поверхностных вод.

Расход дождевых вод определялся по формуле:

$$q_r = \frac{Z_{mid} A^{1,2} F}{t_r^{1,2n-0,1}},$$

где Z_{mid} – среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока (0,3), согласно п. 5.4.7 /1/; A (427,94), n (0,48) – параметры, согласно п.5.4.2 /1/; F (0,3 га) – расчетная площадь стока; t_r (12 мин) – расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания поверхностных вод по поверхности и трубам до расчетного участка.

Общая площадка парковки разделена на две части по сбору воды F_1 и F_2 с учетом уклона поверхности площадок к сборным лоткам. Расходы дождевых вод с площадки F_1 составляет q_{r1} , с площадки F_2 составляет q_{r2} . По таблице 5.22 пункт 5.11 /1/ минимальный уклон проезжей части при асфальтобетонном покрытии составляет 0,003. Конструктивные размеры сборных отводных лотков определены в зависимости от расчетного расхода дождевых вод с площадок сбора воды F_1 и F_2 по требованиям /3/. Приняты прямоугольные лотки размером ($b \times h$) 300x300 мм. Схема сборных лотков на парковке перед главным корпусом и расположение очистных сооружений представлены на рис. 2. Расчеты сведены в табл. 2.



Рисунок 2 – Схема сборных лотков на парковке перед главным корпусом и расположение очистных сооружений

Таблица 2

Расчет водоотводных лотков

Площадь сбора, га		Расход воды, л/с		Размер лотка для площадок, мм		Скорость, м/с		Наполнение в долях b		Высота слоя воды, м	
F_1	F_2	q_{r1}	q_{r2}	F_1	F_2	V_1	V_2	h_1 к b	h_2 к b	h_1	h_2
0,19	0,11	24	13	300х300	250х250	0,66	0,55	0,42	0,40	0,13	0,08

Схема очистных сооружений поверхностных вод разработана с учетом их качественной и количественной характеристик, требуемой степени очистки, принятой схемы сбора и регулирования (п.5.1.11 /1/) и представлена на рис. 3.

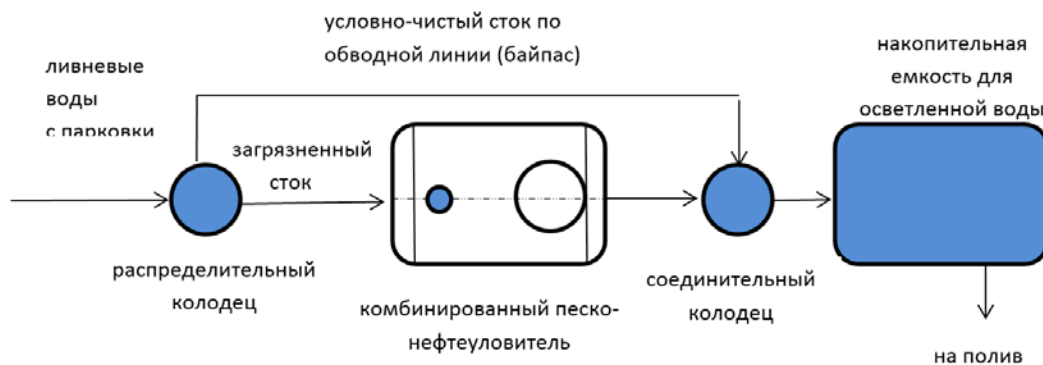


Рисунок 3 – Схема очистки поверхностных сточных вод для полива

Реализация программы по рециркуляции через технологические решения, принятые в проекте позволит:

1. Эффективно решить проблему очистки от самых сложных загрязнений – нефтепродуктов.
2. Решить вопросы по экономии средств, идущих на расход воды питьевого качества из системы водоснабжения университета для полива зеленых насаждений.

Список литературы

1. СН РК 4.01-03-2011. Водоотведение. Наружные сети и сооружения: С изм. и доп. по состоянию на 07.11.2019 г.
2. СП РК 2.04-01-2017. Строительная климатология: С изм. и доп. по состоянию от 01.04.2019 г.
3. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле Н.Н. Павловского: Справочное пособие. – 4-е изд., доп. – М.: Стройиздат, 1974. 156 с.
4. Тугай А.М., Ивченко В.Д., Кулик В.И. Внутренние системы водоснабжения и водоотведения. Проектирование: Справочник / Под ред. А.М. Тугая. – Киев: Будівельник, 1982. – 256 с.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 52.13.04

М.Е. Рахымбердина¹, Б.Б. Амралинова¹, М.М. Тогузова¹, Д.К. Касымов¹, М.К. Токтарбаева²

¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

²Дочернее товарищество с ограниченной ответственностью «Горнорудное предприятие
BAURGOLD», Восточно-Казахстанская область, с. Секисовка

**ИЗУЧЕНИЕ ОСАДКОВ И СМЕЩЕНИЙ ХВОСТОХРАНИЛИЩА И КАРЬЕРА МЕСТОРОЖДЕНИЯ «СЕКИСОВСКОЕ»
КАК ОСНОВА ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ**

В статье рассматриваются вертикальные осадки и горизонтальные смещения горнотехнических объектов горнорудного предприятия – карьера и хвостохранилища, кратко приведены результаты маркшейдерско-геодезического контроля, точность выполнения которого определяет будущее состояние прогноза деформаций.

Мақалада тау-кен өндірісінің тау-кен кәсіпорындарының – карьер мен қалдық қоймалардың келденең жылжуы мен тік жылжуы қарастырылады, маркшейдерлік-геодезиялық бақылау нәтижелері қысқаша көрсетілген, олардың орындау дәлдігі болашақ деформацияны болжау күйін анықтайды.

This article discusses the vertical precipitation and horizontal displacement of mining facilities of the mining enterprise – quarry and tailings, briefly presents the results of surveying and geodetic control, the accuracy of which determines the future state prediction of deformations.

Ключевые слова: маркшейдерско-геодезический контроль, карьер, хвостохранилище, деформация, точность измерений

Объектом изучения деформаций для последующего их прогнозирования являются важные горнотехнические сооружения – хвостохранилище и карьер месторождения. Все изучаемые виды деформаций выражаются через линейные вертикальные и горизонтальные перемещения наблюдаемой контрольно-измерительной аппаратуры, заложенной в характерных местах так, чтобы по значениям перемещений можно было вычислить любой необходимый конкретный вид деформации.

Поскольку прогнозирование производится на основе результатов маркшейдерско-геодезических наблюдений за деформациями статистическим методом прогнозной экстраполяции и может выполняться с помощью кинематических или динамических моделей, то исходные геодезические данные должны обладать предельной точностью и полнотой, чтобы не исказить картину прогноза [1].

На предприятии была разработана программа производства наблюдений за смещениями и осадкой контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), согласно которой должны соблюдаться режим и порядок выполнения наблюдений. В соответствии с программой периодичность наблюдений за деформациями хвостового хозяйства составляет 2 раза в месяц, для наблюдений за створами карьера – 1 раз в месяц. На рис. 1 представлены основные этапы программы наблюдений.

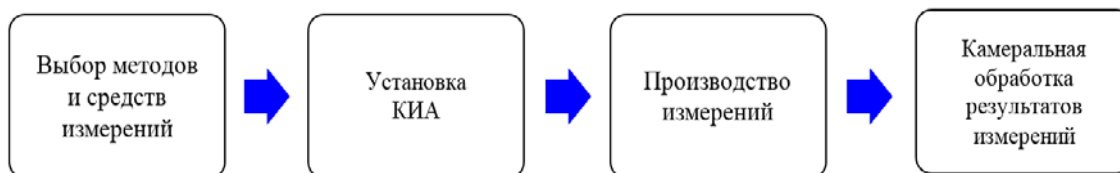


Рисунок 1 – Состав программы наблюдений за деформациями

Такой порядок определен с учетом характера грунта на участках данного месторождения. Хвостохранилище по принципу и условиям накопления хвостов относится к наливным. Основание тела дамбы сложено суглинками в твердом состоянии. Крутизна откосов дамб назначена исходя из условия их устойчивости [2]. На рис. 2 представлена схема расположения наблюдаемых марок хвостохранилища.

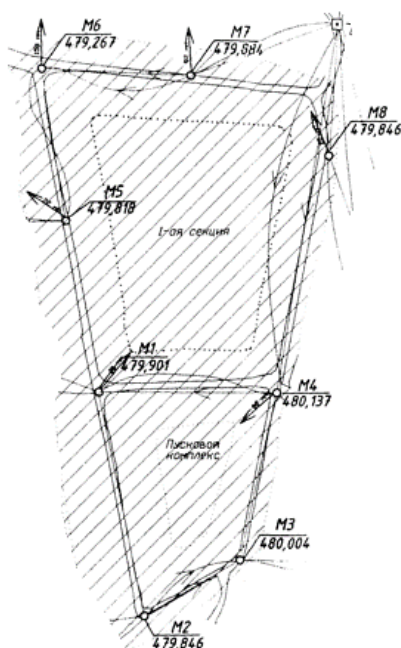


Рисунок 2 – Схема расположения марок хвостохранилища

Отметим ситуацию с грунтами по карьерному участку: прочность всех типов горных пород по изучаемому месторождению характеризуется высокими средними значениями показателей прочности при одноосном растяжении и сжатии. К числу пород, характеризующихся наиболее высокими значениями прочности, относятся диориты [3].

Производству наблюдений предшествует аналитический этап, который заключается в анализе изученных методов наблюдений и выборе наиболее подходящего для конкретного случая. Для участка карьера был выбран створный метод наблюдений, а для хвостохранилища – полигонометрический.

Для определения вертикальных и горизонтальных перемещений поверхностных и внутренних зон ограждающих сооружений и основания устанавливаются специальные устройства – марки и реперы. На поверхности гребней дамб секций хвостохранилища предусмотрена установка постоянных марок в количестве 11 штук.

В работе использован электронный тахеометр Leica TC-407 (ошибка угловых измерений тахеометра составляет 7"; ошибка линейных измерений – 4 мм), при этом наблюдения

выполнялись с допустимыми погрешностями измерений, регламентируемыми СН РК [4]. В табл. 1 представлены допустимые погрешности определения деформаций на горнотехнических объектах.

Таблица 1

Допустимые погрешности определения деформаций

Объект наблюдения	Вид деформации	Допустимая погрешность, мм
Хвостохранилище	Сдвиги	5
	Осадки	7
Карьер	Сдвиги	4
	Осадки	5

По результатам полевых измерений определены превышения и горизонтальные проложения между смежными реперами. Наблюдения считаются удовлетворительными, если их точность соответствует следующим требованиям:

- при геометрическом нивелировании разность превышений из двух нивелировок не превышает 3 мм;
- при измерении длин непосредственно между реперами разность между двумя независимо измеренными и вычисленными горизонтальными проложениями не превышает 2 мм;
- при тригонометрическом нивелировании разность между двумя независимыми измерениями одного и того же превышения и горизонтального проложения не должна превышать 5-8 мм в зависимости от длины интервала и угла наклона: при длинах до 10 м – 5 мм, при длинах до 30 м и более – 8 мм.

На рис. 3 представлена диаграмма изменения значений высотных отметок наблюдаемых марок хвостохранилища за период 2015-2017 гг.



Рисунок 3 – Результаты изменения высотных отметок наблюдаемых марок хвостохранилища за период 2015-2017 гг.

Важно отметить, что резко отличающихся результатов измерений по осадкам не наблюдалось. В целом высотные отметки колеблются в пределах допуска.

На рис. 4 представлен наблюдательный створ № 5, где J-1 – точка стояния, J-2 – визир. Несмотря на проводимые взрывные работы, репера почти не подвергались деформациям, что

говорит о высокой степени устойчивости бортов и стабильном положении твердой скальной породы.

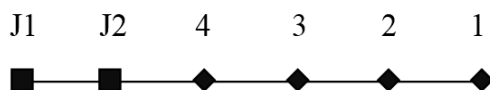


Рисунок 4 – Наблюдательный створ № 5 карьера

Средние величины смещений и осадок составили около 3 мм (рис. 5), что не превышает установленных допусков.

Одной из основных задач при рассмотрении вопроса безопасного ведения работ на карьере и хвостохранилище является определение прогнозных величин деформационных процессов для выбора мер охраны сооружений. Эта задача может быть решена с довольно высокой точностью лишь в том случае, если будут учтены все влияющие факторы, а также их совместное действие [5].

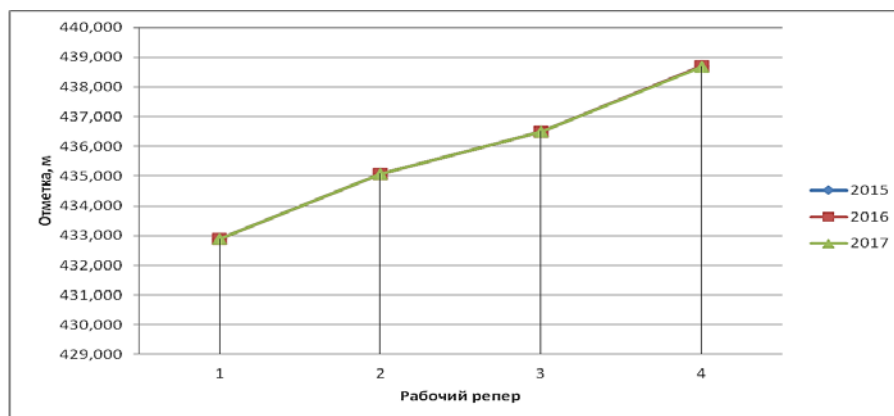


Рисунок 5 – Результаты изменения высотных отметок рабочих реперов карьера створа № 5 за период 2015-2017 гг.

На основании анализа результатов маркшейдерско-геодезического контроля можно сделать вывод, что все реперы створов в большей или меньшей степени испытывают колебания (1-5 мм). Такое поведение реперов можно обосновать тем, что горный массив постоянно находится в разработке, ведется ежедневная отработка забоев, систематически проводятся буровзрывные работы. Многократная подработка вызывает уменьшение сцепления горных пород по контактам, что приводит к проявлению деформаций по этим контактам и неравномерному распределению деформаций в мульде сдвижения [6].

Также можно отметить, что плановые деформации по значениям в большинстве случаев превышают значения высотных деформаций. В результате проведенного маркшейдерско-геодезического контроля подготовлен материал для дальнейшего использования при расчете и составлении прогноза осадок и смещений – ответственного этапа в работе маркшейдерской службы и всего предприятия в целом.

Список литературы

1. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости / Согласованы приказом Комитета по государственному контролю за чрезвычайными ситуациями и промышленной безопасностью Республики Казахстан от 22 сентября 2008 года № 39.
2. Проект ТерраСу «Хвостохранилище золотоизвлекательной фабрики Секисовского золоторудного месторождения»: Поясн. записка. – Т. 1. – 2007.

3. Изучение и прогноз инженерно-геологических условий месторождения Секисовское (научно-методическое руководство): Отчет / Министерство геологии СССР; Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО). – п. Зеленый Московская область, 1984.
4. СН РК 1.03-03-2018. Геодезические работы в строительстве. – Введ. 2018-04-20. – А.: Изд-во стандартов, 2018.
5. Рахымбердина М.Е., Токтарбаева М.К., Касымов Д.К. Изучение деформаций хвостохранилища и карьера месторождения «Секисовское» по результатам маркшейдерско-геодезического контроля и характеру геологических условий // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2019: сб. материалов XV Междунар. науч. конгр. «ГЕО-Сибирь-2019», 24-26 апр. 2019 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2019. – Т. 6, ч. 2. – С. 182-187.
6. Шагалов С.Е., Муллер Р.А., Марков В.В. и др. Защита и подработка зданий и сооружений. – М.: Недра, 1974. – 188 с.

Получено 07.02.2020

ӨӨЖ 769:911.3

К.Т. Сапаров¹, А.М. Сергеева², Ә.Ғ. Көшім³

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ.

²Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе қ.

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.

ЭТНОМӘДЕНИ ТУРИЗМ НАРЫҒЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ШЕТЕЛДІК ТӘЖІРИБЕСІН ТАЛДАУ

Қазіргі дағдырыс жағдайында ішкі туризмнің дамуы өзекті болып саналады. Келешекте ішкі нарықта аймақтарда туристік қызметті дамытуда этнографиялық туризмнің болашағы бар және сұранысқа ие болады. Мақалада кейбір шетелдердің табиғи, тарихи, мәдени және діни ерекшеліктері және тәжірибесі қарастырылған.

В современных условиях кризиса развитие внутреннего туризма очень актуально. Дальнейшее продвижение этнографического туризма может быть перспективным и востребованным направлением на внутреннем рынке туристских услуг регионов. В статье авторы рассматривают особенности природы, истории, культуры и религии некоторых стран мира.

In modern conditions of crisis, the development of domestic tourism is very important. Further promotion of ethnographic tourism can be a promising and sought-after destination in the domestic market of tourist services of the regions. In the article, the authors consider the features of nature, history, culture and religion in some countries of the world.

Кілт сөздер: этномәдени туризм, этномәдени-туристік әлеует.

Отандық этномәдени туризмнің толық мәнді нарығының қалыптасуының қарама-қайшылығын көрсететін, қазіргі кезеңде оның әрі қарай дамытылуы үшін үлкен мәнге ресурстық базасының бай болуы мен көп түрлілігі ие болуда. Осы орындарға келуге түрткі болатын этномәдени ерекшелік – белгілі бір нысан құндылығының өлшемі де, сонымен қатар этномәдени туризмді дамытудың тиісті шарты да болып табылады. Бұл ретте этномәдени туризм ресурстарының құрылымы, оның жіктелуі мен талдануы түрлі кеңістіктік деңгейлерде – жаһандық, макроөңірлік және ұлттық шамалардан аудандық, тіпті жергілікті мөлшерлерге дейінгі көлемдерде жүзеге асады [1]. Этномәдени мәселелердің барлығын бірдей этномәдени туристік ресурстармен байланыстыруға болмайды. Сондықтан олардың санының шектеулілігі мен сапалық тұрғыдан жіктеу қажет.

Этномәдени-туристік әлеует дегеніміз – бұл белгілі бір аумақтағы, қазіргі кезең мен таяу болашақтағы ұйымдастырылған және өзіндік ерекше сипаттағы этномәдени туризм үшін белгілі бір деңгейдегі маңызы бар этнографиялық, әлеуметтік-мәдени, тарихи-мәдени, табиғи-экологиялық және экономикалық мәндегі нысандар мен құбылыстардың түрлі категорияларының жиынтығы. Бұл жағдайда этномәдени саланың барлық ерекшелігінің қолданылу мақсатынан тәуелсіз анықталатын барынша толық түрдегі тізімдері қарастырылған жөн (1-кесте).

Этникалық туризмнің басқару нысаны ретінде ерекшеліктері

№	Этникалық туризм ерекшеліктері	Сипаттама
1	Этникалық туризм құрамындағы өзіндік элементтер	Этникалық туризм жергілікті халықтың мәдениеті мен табиғи аумағына тәуелді. Этникалық туризм саласын дамыту үшін өңірдің қоршаған ортасын қорғау керек, себебі сапалы этнотуристік өнім тек табиғаттан алынады.
2	Аймақаралық сипаты	Этникалық туризмнің басқару нысаны ретінде ерекшелігі оның аймақаралық сипатта болуы, туризм сферасындағы өңірлермен ынтымақтастықтың өзара тиімділігі. Өйткені этностың тарихи қалыптасқан ареалы көбінесе ауытқып отырады.
3	Критерийінің өзгермеуі	Этникалық туризмде шынайы критерийі қызмет көрсету саласына байланысты өзгеріп тұрады.
4	Маусымдық факторға байланысы	Туристік қызмет көрсету саласы маусымға, оның ішінде табиғи-климаттық жағдайға байланысты. Этникалық туризмнің маусымдық ауытқуларға тәуелділігі төмен.

Дамыған елдердің көпшілігінде заңмен немесе жер иелерінің қойған шектеулерін ескермеген жағдайларда болмаса, негізінен көптеген кез келген нысандар жаппай баруға қол жетімді болып саналады. Мәселен, Финляндияда меншіктің жеке формасының болуына қарамастан туристер мен экскурсанттардың орман және дала алқаптарына, көлдер мен теңіз жағалауларына серуендеуге, саңырауқұлақтар мен жидектер жинауға жағдайлардың басым бөлігінде рұқсат берілген. Этномәдени туризмдегі тікелей немесе ішінара әрекет етуші (болмаса әрекет етуі мүмкін болатын) ерекшеліктер материалды (нысандар) және материалды емес (рухани сала) деп бөлінеді [2].

Этномәдени туризмге тікелей қатысы бар нысандарға этнографиялық ауылдар мен саябақтар, этнографиялық, өлкетанулық, архитектуралық мұражайларды, тарихи-мәдени және табиғи қорықтар, ауылдық елді мекендер, қала аудандары және жекеленген құрылыстар мен ғимараттар кіреді. Этномәдени туризм нысаны ретінде ерекше қорғалатын табиғи аумақтардың (ЕҚТА) барлық категориялары жатады. Алғаш пайда болған уақыттарынан бастап ұлттық саябақтар АҚШ-та сақталып қалған табиғи құндылықтарға, ал Батыс Европада – мәдени құндылықтарға халықтың қол жетімділігін қамтамасыз етуге тиіс болды, себебі, бұлар ЕҚТА формаларының бір түрі болады. Бұл ретте әлемдегі ең тұңғыш – Йеллоустон және Йосемит ұлттық саябақтарының пайда болуының басты себептері – эстетикалық тұрғыдан ең құнды табиғи ландшафттарды көпшілікке көрсету. Осы табиғи әсемдікті тамашалау мүмкіндігі – территорияларды әлемге танымал табиғи қорғалған нысандар ретіндегі талаптарға сай пайдаланудың сипатын анықтап берген болатын [3, 4].

Ұлттық саябақтар туралы ережеге сай байырғы халық мекендейтін аудандар аумақтарында дирекциямен келісе отырып дәстүрлі экстенсивті табиғат пайдалану аймақтары қарастырылған. Бұл үшін арнайы бөлінген жерлерде дәстүрлі халық шаруашылығы кәсіптерін, майдагер және халық кәсіпшіліктері және осылармен байланысты табиғатты пайдалану түрлерін өрістетуге рұқсат етіледі. Ресей заңнамасына сәйкес байырғы халықтар категориясына өздерінің жергілікті жерлерінде дәстүрлі немесе оған жақын өмір салтын кешетін, оның ішінде бұғы өсіру, аңшылық, терімшілікпен айналысатын аборигендер тобы жатады [5].

Қорықтар (шетелдерде реттелетін табиғи резерваттар деп аталады) қорғалатын табиғи аумақтар иерархиясында ерекше орын алады. Табиғат қорғау, ғылыми және экологиялық-ағартушылық мәндердегі нысандар ретінде табиғи ортаның ерекше үлгілері, флора мен фаунаының генетикалық қорларының сақталып қалған аймақтарымен қатар типтік және ерекшелікті ландшафттар да қарастырылады. Қазіргі таңдағы қорықтар қызметтерінің мақсаттарының бірі айқын мәндегі этномәдени аспектілерге ие болуда. Оның ішінде туризмнің этномәдени бағытын дамытуда Башқұрт, Волга-Кама, Вишер секілді қорықтар үлкен әлеуеттерге ие. Дегенмен шетелдік Еуропаның көптеген елдерінде аталмыш бағыт тек соңғы онжылдықтарда ғана қарқынды дами бастады.

Еліміздегі этномәдени туризмді болашақтағы дамытуда ерекше орнын этномәдени тақырыптық бақтар алуы тиіс. Шетелдерде, ең алдымен АҚШ, Канада мен Жапонияда, Батыс Европалық елдердің бірқатарында, сондай-ақ Азияның көптеген қарқынды дамыған елдерінде мұндай іс-шаралар көңіл көтеруді таныммен ұштастыратын бос уақытты тиімді өткізудің түріне айналған. Барлық аталған аймақтар мен елдерде соңғы онжылдықтар барысында тақырыптық бақтар тарихи-мәдени көрнекіліктерге бай экскурсиялық-танымдық туризмнің классикалық үлгілерімен тұрақты бәсекеге түсуде. Бұл мәселе әсіресе халықтың басым бөлігі өздерінің дүниетанымы бойынша бірқатар кейін қалған АҚШ пен азиялық елдер үшін өзекті сипатта. Қазіргі таңда әлемде бірнеше мың тақырыптық бақтар бар. Тақырыптық бақтарды оларды этномәдени өзіндік ерекшеліктерін көрсетуіне байланысты: 1) белгілі бір ауданда немесе шектелген аймақта; 2) тұтас ел көлемінде, мәселен Джакартада; 3) жекеленген халық мысалында (румьндық тұрғын-жайлар типтері және т.б.) орналасқандығына байланысты көптеген түрге жіктеуге болады [6].

Туристік ресурстар туристердің қажеттіліктері мен сұраныстарын кешенді және жеке түрінде қанағаттандыруға болады. Европа елдерінің тәжірибесінде бекітілген тәртіптегі шектеулер болмаған жағдайларда бұл ресурстар танысу үшін қол жетімді сипатта және оларды меншік формаларына қарамастан пайдалануға болады. Ормандар, су нысандары орналасқан жерлерге деген жеке меншік формасы болғанның өзінде оларға туристердің қыдыру, санырауқұлақтар мен жидектер теруге баруына рұқсат етіледі. Рекреациялық ресурстардың саны шектеулі және сапалық тұрғыдан жіктелген, демек, олардың экономикалық игіліктік сипаты болғандықтан, бұларды өндіру үшін керекті белгілі бір шығындарды қажет етеді. Оның үстіне бұл экономикалық пайдалану нәтижелеріндегі айырмашылықтарға әкелуі де ықтимал. Отандық этнотуризм сатылап дамыған сайын этномәдени-туристік ресурстарды кадастрлық бағалау теориясын тез арада әзірлеу қажет. Бұл этномәдени ресурстарды туристік салада қолданудың мүмкіндігін барынша толық сипаттауға ғана емес, олардың коммерциялық аспектілерін, оның ішінде экономикалық тиімділігін, тәуекелдерін, атқарылған іс-шаралардың экономикалық пайдаларын тиісті деңгейде бағалауға болады. Туристік саланың мүдделері үшін қысқа және ұзақ мерзімдік болашақ бағдарын бағалай алуды жүзеге асыру қажет. Этномәдени туристік нысандарды қарқынды басқару үшін туристік әлеуетті үштен бес жылға дейінгі мерзім аралығында бағалаған жөн.

Экономикалық көрсеткіштерге негізделген баллдық бағалау этномәдени туризмге қатысты белгілі бір нысанның құндылығын бағалауға мүмкіндік береді. Бұл ретте нақты бір нысанның тарихи, мәдени немесе эстетикалық тұрғыдағы құндылығы таласқа түспеуі керек. «Кадастрлық бағалау» терминін қолдану бұл ретте зерттелетін аумақтың ең болмағанда бұрынғы этномәдени тартымдылығы мен қалпына келтіру қабілеттілігін сақтау мүмкіндігін сақтап қалатын шамасын қарастырады. Бұл ретте қабылдайтын аумаққа туристік процестің нысандары мен субъектілері бұрынғы туристік тартымдылығын белгілі бір деңгейде сақтап қалатын, тарихи, эстетикалық құндылықтарының аз ғана бөліктерін де жоғалтпайтын шамасын нақтылаған жөн. Мәселен, туристердің жаппай ағымдарының ықпалымен белгілі бір топтың ән айту этномәдени мұрасы кең көлемдегі туристер аудиториясы үшін одан да танымал және тартымды бола түспек, алайда ол бұл ретте бастапқы табиғи сипатынан айырылып қалуы да мүмкін. Этномәдени туризмнің осы бір түріне байланысты туристік дестинациялар мен өзге де факторлардың ерекшеліктерін арнайы коэффициенттермен түзетуге және толықтыруға болады. Мұнда туристік көрсеткіштердің нысандары мен туристік іс-әрекет субъектілеріне – осы бір этномәдени турлар мен бағдарламаларға қатынасатын сол жердің тұрғындарына тиесілі болатын мүмкіндіктегі жүктеме шамаларын ажырата білу де қажет.

Дестинацияны қабылдаушылардың материалдық базасына (мұражайлар қоры, этномәдени ауылдар мен саябақтар, дәстүрлі қоныстар мен мекен-жайлар) тікелей ықпал етудің шамасы қабылдаушы территориялар бірлігіне шаққандағы уақыт бірлігіне сай келетін келушілер санымен өлшенеді. Барлық этномәдени кешеннің жекеленген мүшелерінің емес, оның жергілікті қауымдастық мүшелерінің барлық жиынтығының өндіріс мүмкіндіктерін сипаттау үшін, бұған дейін келтірілген көрсеткіштерді сол жердегі тұрақты, байырғы халықтың санымен сәйкестендіре салыстырған жөн. Бұл жағдайларда ең жоғарғы шектегі жүктемені белгілі бір аумақтағы орналасқан туристердің уақыт бірлігіне шаққандағы аудан бірлігіне қатысты үлес салмағымен өлшеумен шектеліп қалуға болмайды. Түрлі этникалық мәдениеттердің қандай да бір болмасын

аумақтық вариацияларының тұрақтылығы туралы мәселелер этномәдени туризмді ұйымдастырушылар, оның ішінде жергілікті қауымдастықтар үшін ерекше маңызға ие.

Байырғы этномәдени ерекшелікті жоғалту жергілікті қауымдастық, оның ішінде билік құрылымдары мен кәсіпкерлер үшін мамандық саласы мен өзіндік ерекшеліктеріне қатысты аса ауыр салмақ болып табылады, ал этномәдени туризмді аймақтық масштабтардағы кәсіби ұйымдастырушылар үшін ол өте қолайсыз. Этномәдени туризмнің практикалық мақсаттары үшін белгілі бір дестинацияны көріп-тамашалаудың тек табиғи-рекреациялық, шаруашылық қана емес, арнаулы әлеуметтік-мәдени және этномәдени шектеулері де қажет. Бұл ретте әлеуметтік сыйымдылық категориясы қолданылады, ол олардың ыдырауына мүмкіндік бермейді, әлеуметтік жүйе қайтадан өсуге деген қабілеттілігін сақтап қалады, әлеуметтік қатынастардың тозуы байқалмайды, белгілі бір мәдени элементтер жоғалып, ауыстырылмайды. Мәселен, африкандық немесе үндіс тайпаларының этникалық билерінің дәстүрлі қимылдарының музыкалық аспаптар сүйемелденуімен орындалуы осы тайпалардың қазіргі өмір салтына сай келе бермейді, дегенмен, бұл олардың өмірінің әдет-ғұрыптық элементтерінен мүлдем бас тартпайды. Масаи тайпалары африкандық экзотика мен жоралғылық мистиканы ұнататындар үшін терең әдет-ғұрыптық мағынасы бар билерді меңгерген [7].

Туристер ықпалымен ұлттық рух пен жергілікті тұрғындардың дәстүрлі ұстанымдарының өзгеру мәселесі мүлдем басқа жайт. Туризм деңгейлері қарқынды дамып жатқан дамушы елдердің біркатар бөлігі табыстарының айтарлықтай ұлғайтумен бірге үлкен отбасылардың ішкі байланыстарының ыдырауына немесе әлсіреуіне, ұрпақтар арасындағы қайшылықтардың, көршілер татулығының сенімсіздіктерін арттырады. Мәселен, Комор аралдарының халқының бір бөлігінің әлеуетінің артуы олардың бұрын-соңды болмаған құбылыс – үлкен дуалдары бар үйлер тұрғызуына әкелуде. Сонымен қатар, ерекше көңілді табиғи-мәдени ландшафттардың экологиялық ахуалына аударып, олардағы қазіргі кездегі дәстүрлі технологиялар мен техникалардың қоршаған ортаны қорғаудың заманауи ұстанымдарына сай келуін дұрыс бағалай білген жөн.

Туризмнің аталмыш түрінің сан түрлі категориялары мен нысандарын тиімді түрде жинақтауды туристік қызмет субъектілерінің этномәдени саланың барлық аспектілерін бағалаусыз жүзеге асыру мүмкін емес. Мәдени аудандастыру жекеленген макро- және субаймақтардың этномәдени және әлеуметтік-мәдени параметрлер бойынша мәдениеттерінің салыстырмалы ұқсастықтарына негізделеді. Аймақтану процесі (аймақтық интеграция) болашақта этномәдени туризм ағындарының сипатына, динамикасы мен құрылымына тигізетін ықпалдарын арттыра түсе беретін болады. Мұның шынайы дәлелі ретінде Европаның бірігуін айтуға болады. Ол халқының саны жарты миллиардтан асатын бұл аймақтың елдерінің әлеуметтік, экономикалық, саяси және мәдени өмірінің барлық салаларын қамтыды. Оңтүстік Американың тығыз интеграциялануы, оның ішінде МЕРКОСУР аймақтық топталуы, латын американдықтардың осы өңірдің көрші елдеріне баруға деген қызығушылықтарын тудырды.

Аудандастырудың қандай да бір өзге түріндегі, этномәдени аудандастыруда этномәдени шектердің нақтылануы көп ретте шартты түрдегі сипатта ғана. Бұл ортақ табиғатты пайдалану және әлеуметтік-мәдени және этникалық процестері бар екі немесе одан да көп мемлекеттердің кең ауқымды шектес аумақтарын қамтитын этномәдени трансшекаралық аудандарды бөліп қарастыру үшін негіз болады. Этномәдени аудандастырудың таксономиялық бірліктері ретінде мәдени аудандастыруы макроөңірлер, облыстар, аудандар мен ұсақ елді мекендер ұсынылады. Онан да ірі тарихи-этникалық аудандастырудың тұжырымдамалары ішінде ЮНЕСКО ұсынған нұсқаны атап көрсеткен жөн. БҰҰ аталмыш бөлімшесі жер шарын жеті мәдени-тарихи аймаққа: европалық, үнді, араб-мұсылман, қиыршығыстық, солтүстікамерикандық, латынамерикандық және тропикалық-африкалық деп бөледі.

Туризмнің дербес бағыты ретіндегі этникалық туризм ресейлік және шетелдік ғылыми әдебиеттерде агротуризм, экотуризм, спорттық туризм секілді түрлеріне қарағанда аз зерттелген. Оның ішінде экотурлардың жіктелуіне, оны ұйымдастырудың географиялық ерекшеліктері мәселелеріне көңіл аз бөлінген.

Этникалық туризмнің маңызды ерекшелігі – оның құрылымының диверсификациясы, ол туристердің мүдделері мен қажеттіліктерінің жіктелуімен шартталған. Біздің ойымызша, біз бөліп

қарастырған ностальгиялық (генеалогиялық), этнографиялық, антропологиялық және жайлау туризмдері этникалық туризмнің құрамдас бөліктері болып табылады, алайда, оны мұндай түрлерге бөлу тек шартты сипатта ғана. Кейде бір турдың өзін этникалық туризмнің бірнеше түрін бірге жатқызуға болады.

Бүгінгі таңда «этнография» ұғымы негізгі зерттеу нысаны – халық-этностар болып табылатын қоғамдық ғылым ретінде анықталады. Этностың қазіргі анықтамасы жалпы тұрғыда мойындалған, оны 1923 жылдың өзінде С.М. Широкогоров берген болатын: «Этнос – бұл бір тілде сөйлейтін, өзінің ортақ шығу төркінін мойындайтын, ортақ дәстүрлері, өмір салты, сақталып қалған және қазіргі таңда өзіндік көрініс табатын салттары бар, осы ерекшеліктерімен өзгелерден бөлектенетін адамдар тобы» [8].

Этнография нысанының ұғымдары мен этностың анықтамасына сүйене отырып «этнографиялық нысан» ұғымын қалыптастыруға болады. Этнографиялық категориялар қатарына келесі категориялар жатады [9]:

- этносқа тән стильде жасалған және этностың мәдени өміріндегі белгілі бір тарихи кезеңмен байланысты архитектура ескерткіштері;

- белгілі бір этностың конфессионалдық немесе діни сенімдерін білдіретін культтық-табыну құрылыстары;

- ана тіліндегі дәстүрлі жазулары бар мазарлар, бейіттер, құлпытастар;

- этнос үшін дәстүрлі болып табылатын ою-өрнектері, безендірулері, интерьерлері, мүліктері, бұйымдары бар дәстүрі тұрғын-жайлар;

- белгілі бір этностың өкілдері шоғырлана орналасқан жерлерінде «этникалық типтегі» келбетін сақтаған қоныстары;

- дәстүрлі шаруашылық типіне сәйкес келетін тұрмыстық нысандар;

- фольклорлық ансамбльдердің қатынасуымен және ұлттық киімдерді киіп өткізілетін халықтық мейрамдардың өту орындары;

- халықтық қолөнердің, дәстүрлі кәсіптер мен шаруашылықтардың жаңғыртылу орындары;

- этнографиялық мұражайлар, этнографиялық бұйымдардың көрмелері мен кешендерінің жиынтықтары;

- этникалық ерекшеліктерге ие археологиялық нысандар.

Рекреациялық қызмет барысында этнографиялық нысандарды экскурсиялық нысандар ретінде пайдалану этнографиялық туризм ұғымымен байланысты. Этнографиялық туризм бүгінгі таңда рекреация саласының ең сұранысқа ие болатын түрлерінің бірі. Ол өз құрамына ностальгиялық, терең, экстремалды, эксклюзивті және шытырман оқиғалы туризмді қамтиды және өзінің мақсаты етіп халықтардың шыққан жерлерін зерттеуді, халықтардың мәдениеттерімен танысуды қояды. Қазіргі кезеңде туризмнің бұл түрі еліміздің бай ресурстық әлеуетіне сай келетіндей өзіндік деңгейге жете қойған жоқ. Оның дамуына басты тежегіш болған кеңестік дәуірдегі урбандалу идеологиясы еді, ол кезде элита бойында ауылдық ортадан шығушылар мен олардың ұрпақтарының арасында мәдени сабақтастықты сақтау қажеттігі туралы ой болған жоқ. Елдің бірқатар аймақтарының этномәдени туризмді ұнататындар үшін тартымдылығының төмен болуының себебі – терең тарихи «қабаттар» арасында нақты түсініктердің болмауында жатыр.

Туризмнің дамытылуының аймақтардың халықаралық және ішкі туристік нарықтарда орын алуының аймақтық стратегияларын әзірлеу мәселесі күн санап өзекті болуда. Бүгінгі таңда территориялардың туристік келбетін, яғни негізінде жаппай туризмнің өкілдерінің көзқарасы тұрғысынан оның даралығын баса көрсететін территорияның өзіндік ерекшеліктері жатқан тиімді және көңілді түрде қалыптастырылған бейнелер жүйесін қалыптастыру ерекше маңызды. Туристің зейіні географиялық ерекшеліктерден гөрі территорияның ерекше белгілері мен объектілеріне аударылады.

Қорыта келгенде, этномәдени аймақты біртұтас бірліктегі өзара байланысты этномәдени ерекшеліктердің көп түрлі жиынтығы ретінде қарастыруға болады. Этномәдени аймақты органикалық бірлік ретінде сақтап қалу үздіксіз әлеуметтік өндіріс пен мәдениеттер трансляциясымен қамтамасыз етіледі. Этномәдени аймақтың әлеуметтік-экономикалық немесе саяси аймақтарға қарағандағы ерекшелігі – оның даму көрсеткішінің айтарлықтай дәрежеде жоғары болмауында. Этномәдени аймақтың имманентті қасиеттеріне өзіндік жеткіліктілігі мен

айқын көрінетін ерекше өзіндік болмысы жатады. Мәдени процестердің субъектісі ретінде аймақтың негізінде үстемдік етуші архетип түріндегі әлеуметтік-мәдени код табылады. Әлеуметтік-мәдени кодтың негізінде табиғатты пайдалану жүйелерінің, кеңістікті қабылдаудың, мәдениет аралық коммуникацияның, этникалық процестердің интеграциясына қол жеткізіледі.

Этномәдени және экологиялық, оқиғалық, тарихи-мәдени туризм түрлерінің жақындығы туристік нарықтың түрлі сегменттерінде бір ғана нысанды пайдалануға мүмкіндік береді, яғни ол бір нысанға салынатын инвестициялардың мәні мен коммерциялық тиімділігін бағалауы, басқа бір себептегі туристер қалыптастыратын ағындарды есепке алуы тиіс. Керісінше, аралас түрде анықтау қиынға түсетін туризм түрлері де бар, мәселен, бір тур шеңберінде спорттық және этномәдени туризм әуесқойларының мүдделерін біріктіруді – оны жеңілдету деп түсінуге болады.

Біз этнографиялық тұрғыдан ең бағалы нысандар мен ғажайыптардың басым бөлігінің қашық және аз игерілген жерлерге, мәселен, таулы немесе батпақты аймақтарға орналасатындығын теріске шығара алмаймыз. Қазіргі еуропалық, оның ішінде Франция, Австрия, Германия жастарының арасында айқын этнографиялық мәндегі, қатысушылардың техникалық және физикалық даярлықтарының жоғары болуын қажет ететін экологиялық турлар кеңінен таралуда. Бірақ, шын мәнінде белсенді, оның ішінде қауіпті сипаттағы экстремалды демалысты ұнатушылардың көпшілігі жергілікті халықтың этномәдени ерекшеліктеріне ерекше қызығушылық таныта қоймайды.

Туризмнің ел экономикасының танымал табысты саласы және жергілікті халықтың жұмыспен қамтылуының көзі болып табылатындығын атап өткен жөн. Этнотуризм халыққа өзінің де, өзгенің де мәдениеттерін танып-білуге мүмкіндік беріп, толеранттылық қатынастарды нығайта түседі.

Әдебиеттер тізімі

1. Бутузов А.Г. Этнокультурный туризм. – М.: КНОРУС, 2013. – 248 с.
2. Имангулова Т.В., Прокофьева М.А. Развитие этнического туризма в Казахстане // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 8 (3). – С. 451-455; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10056> (дата обращения: 21.11.2018).
3. Любичанковский А.В. Географический и культурологический подходы к дифференциации объектов культурного наследия // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2008. – № 6. – С. 17-24.
4. Petroman I., Petroman C., Buzatu C., Marin D., Dumitrescu A., Statie C., Rus I. A Religious and Ethnic Tourism Profile of Europe // Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies. – 2011. – №44 (2). – P. 490-493.
5. Бутузов А.Г. Состояние и перспективы развития этнокультурного туризма в Российской Федерации // Сервис в России и за рубежом. – 2009. – №4. – С.11-15.
6. Адаманова З.О. Тенденции развития международного туризма и императивы модернизации туристической индустрии // Проблемы современной науки: сборник научных трудов. Вып. 16. – Ставрополь: ЛОГОС, 2015. – С. 154–162.
7. Александрова А.Ю. География мировой индустрии туризма. – М., 1998. – 290 с.
8. Широкогоров С.М. Этнографические исследования: Избр. работы и материалы. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2001. – 191 с.
9. Секенұлы А., Сергеева А.М., Мазбаев О.Б., Кусаинов Х.Х. Қазақстанда агротуризмді ұйымдастырудың теориялық-әдіснамалық негіздері. – Астана: Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, 2018. – 231 б.

Қабылданды 07.02.2020

ӨЖ 911.3

А.М. Сергеева¹, Ә.Ғ. Көшім², Қ.Т. Сапаров³¹Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе қ.²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.³Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ.**АЙМАҚТЫҢ ТУРИСТІК БРЕНДІН РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ-ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ТҰРҒЫДАН ЗЕРТТЕУ
(АҚТӨБЕ ЖӘНЕ МАҢҒЫСТАУ ОБЛЫСТАРЫ МЫСАЛЫНДА)**

Мақалада «аумақ бренді» түсінігінің мәні қарастырылды. Берілген мәселе бойынша әртүрлі пікірлер талқыланды. Аумақ беделі мен бренді, имидж диалектикасы сараланды. Сондай-ақ аумақ бренді қалыптастырудың кейбір аспектілері қамтылды. Зерттеудің негізгі міндеті – аумақтың туристік бренді құру үшін рекреациялық-географиялық тұрғыдан зерттеу алғышарттарын тиімді көрсету. Ол мақсатта Ақтөбе және Маңғыстау облыстары таңдап алынды. Облыстардың 90 табиғи, тарихи-мәдени нысандары көрсетілді.

В статье исследуется сущность понятия «бренд территории». Критически проанализированы различные точки зрения по данному вопросу. Показана диалектика имиджа, бренда и репутации территории. Рассмотрены некоторые аспекты формирования брендов территорий. Задача данного исследования – показать эффективность рекреационно-географического подхода при выявлении предпосылок для создания туристического бренда обширного региона. Для апробации методики выбрана Актыобинская и Мангистауская область. Выделен 90 природные и историко-культурные объекты.

The article explores the essence of the concept of "brand territory". Critically analyzed different points of view on this issue. The dialectic of the image, brand and reputation of the territory is shown. Some aspects of the formation of brands of territories are considered. The objective of this study is to show the effectiveness of a recreational-geographical approach in identifying the prerequisites for creating a tourism brand in a vast region. To test the methodology selected Aktobe and Mangistau region. 90 natural, historical and cultural objects are highlighted.

Кілт сөздер: аймақтық брендинг, рекреация, аймақтар имиджі, географиялық келбет.

Жаһандану жағдайында ел, өңір, жеке бір қала өзіне тартымды имиджге және өзге құрылымдардан сапалық айырмашылықтарға ие болуға мүдделі. Қазіргі дүние жүзінде ақпарат көлемі мен ағымдарының жылдам артып келе жатқанын назарға ала отырып, аймақтық құрылымдарды басқару органдары ақпарат нарығында түрлі мақсатты аудиторияларға – инвесторларға, кәсіпкерлерге, әлеуетті резиденттерге, туристерге немесе жергілікті тұрғындарға арналған өңірдің жиынтықты жүйеленген келбетін көрсете алатындай деңгейге жетуі тиіс. Бұл ретте жаңадан пайда болған қолданбалы бағыт – аймақтық брендинг – өңірлерге өздерінің көп қырлы тартымды келбетін қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Аймақтық брендинг маркетингтің, имиджеологияның, экономиканың, географияның біріккен тоғысында қалыптасты. Алайда, аймақтық брендтерді қалыптастыру мен дамытудағы жетекші орын – нысандардың, процестер мен құбылыстардың кеңістіктегі орналасуын талдаумен айналысатын ғылым саласы – географияға берілуі тиіс. Біздің зерттеуіміздің міндеті – аумақтың өңірдің туристік бренді қалыптастырудың алғышарттарын анықтау мен туристік территорияларды жобалау кезіндегі географиялық тұрғының тиімділігін көрсету болып табылады. Зерттеу нысаны ретінде Ақтөбе, Маңғыстау облыстарының аумағындағы физикалық-географиялық, тарихи-мәдени және әлеуметтік-экономикалық тұрғыдан өзара тығыз байланысты Қазақстанның батыс аймағы алынды.

Кез келген территорияның табиғи ерекшелігі зоналық және азональды факторлармен байланысты. Аумақтың дала және шөл, шөлейт табиғат белдеулерінде жатуы, теңіз климатының белгілері бар континенттік болуы, рельеф, гидрологиялық желісінің, ландшафттарының ерекшеліктері – зерттелетін аймақты біртұтас табиғи өңір ретінде қарастыруға мүмкіндік беретін алғышарттар болып саналады. Өңірлердің тарихи-мәдени біртұтастығы оның шекаралық өңірдегі, геосаяси тұрғыдан маңызды орналасуының, транзиттік қызметтердің жүзеге асырылуының салдарына байланысты.

XX ғасырдың соңында пайда болған «орын маркетингі» ұғымы мен XXI ғасырда айналысқа енген «орын брендингі» ұғымы ресейлік зерттеушілер тарапынан жиі қолданылып жүр. Алайда, әлі күнгі дейін шетелдік те, отандық та тәжірибеде, брендинг аумақтар маркетингінің құрамдас бөлігі болып табыла ма, әлде табылмай ма, осы мәселе туралы бірыңғай пікір қалыптаспаған. Оның үстіне, кейбір зерттеушілер бұл ұғымдардан ғылыми-тәжірибелік қызметтің бағыттарын да көруде. «Орын брендингі» ұғымын алғаш қолданған ғалым – С. Анхольт, маркетингі аумақтар брендингінің құрамдас бөлігі ретінде қарастырады [1, 2]. Өз кезегінде қалалар брендингі бойынша маман – Д.В. Визгалов, қала брендингі қалыптастыру мен дамытудың қала маркетингі ұғымына кіретіндігін айтады. Ол маркетингі «қала мүдделерінің жүйелі түрде нарыққа шығарылуы», ал брендингі маркетингінің «барынша жетілдірілген және интеграциялық формасы» ретінде анықтайды, мұнда брендингінің құндылығы өз-өзінен туындамайды, оның құны қала мүдделерінің ұсынылуына қатысты туындауы тиіс [3]. Мұнан әрі біз осы соңғы көзқарасты ұстанып, брендингі аймақтарды нарыққа апаратын маркетингтік шаралардың негізгі бөлігі ретінде қарастыратын боламыз.

Аймақтың брендинг деп біздер негізінде аумақтарды кешенді зерттеу, оның географиялық келбетінің анықталуы мен символикалық көрсетілуі жатқан жобаны ұғынамыз. Мұнан әрі аймақтар брендингі осы бренд тарапынан ұсынылған, аймақтың имиджін анықтауға бағытталған өңірдің дамытылу саясатының тиімділігіне мониторинг жүргізу шеңберінде жүзеге асырылады.

Қалыптасу сатысында тұрған өзге де ғылыми-практикалық бағыттардың бірі ретіндегі территориялық брендингінің қалыптасқан ұғымдық аппараты әлі де әлсіз деңгейде. Аталмыш зерттеуде орын брендингінен өзге өзекті ұғымдар ретінде географиялық келбет, имидж және бедел қолданылады. Географиялық келбет ұғымын мұнан әрі өңір туралы қорытылған, тәртіптелген, өзара байланысты және нақтыланған ұғымдар жүйесін белгілеу үшін қолданатын боламыз. Географиялық келбет ғылыми еңбектер мен өнер туындыларында, сол жердің эфсаналарында, топонимикасында, геральдикасында көрінетін аумақ туралы физикалық-географиялық, тарихи-мәдени және әлеуметтік-экономикалық ақпараттардың кешенін қамтиды. Міне дәл осы географиялық келбет аймақтық брендингі қалыптастыру үшін қажетті негізгі алғышартқа айналады [4].

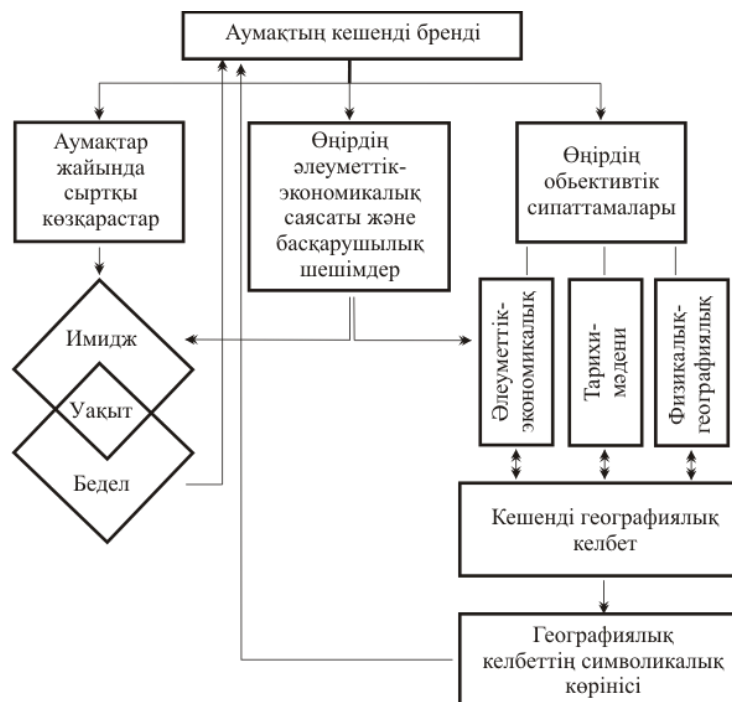
Аймақтар имиджі – бұл аумақ туралы қоғамдық санада қалыптасып көрініс табатын тұрақты көзқарастар жүйесі. Имидж бір «объективтік» (географиялық келбет) немесе екі «субъективтік» деректер (жеке тәжірибе, аумақ туралы жеке көзқарас, сондай-ақ аумақ туралы өзгелердің пікірлері, стереотиптер) негіздерінде қалыптасады. Географиялық келбетке қарағанда имидж негізінен бұқаралық ақпарат құралдары тарапынан нақты бір саяси, әлеуметтік-мәдени, экономикалық мақсаттарда қалыптастырылады. Сәйкесінше, осы мақсаттарға байланысты аймақтар имиджі бағалаушылық ұғым болғандықтан оң немесе теріс пікірлерге ие болуы мүмкін. Жалпы имидждің сырт көз тарапынан қалыптасатындығын атап кеткен жөн. Көп ретте имидж ұғымы аймақтар беделі ұғымымен бірдей ұғынылады, бұл өз кезегінде дұрыс емес: имиджді қалыптастыру тез жүрсе, беделді қалыптастыру үшін бірқатар уақыт қажет. Өңірдің беделі – ұзақ уақыт бойына жинақталған аймақтар туралы түсініктердің жиынтығы. Сонымен аймақтардың дамуы үшін жұмыс жасайтын оның қалыптасқан имиджі мен беделі аймақтық брендингінің басты мақсаты болып табылады [5, 6].

Анықтауға ең қиын түсетін ұғым ретінде орын брендингі айтуға болады. Көбінесе бренд тек оның көзбен шолу көріністері, «бейнесі»: аты, символы, белгісі – немесе олардың кешенді жиынтығы арқылы қабылданады [7]. Осы зерттеуде аймақтар брендингі деп аймақтардың ерекше символикалық элементтерінен тұратын және бірегейлігін көрсететін кешенді географиялық келбетке сүйенетін көп қырлы құрылым ұғынылады (1-сурет).

Мұндай құрылым әдетте символ, ұран секілді көзбен шолу және вербалды түрдегі көрініс арқылы беріліп, ол бренспен және аумақтың өзінің даму стратегиясымен міндетті түрде толықтырылып отырады.

Туризм мен демалысты ғылыми тұрғыдан тану жаңа зерттеу әдістері мен тәсілдерін іздестіруді қажет етеді. Туризм географиясының қазіргі кезеңдегі дамуы жинақталған білімді жүйелеуге, жіктеуге, синтездеуге ұмтылуымен сипатталады. Жүйелілік тұрғыдан қарау туризм туралы әртүрлі көзқарастарды бір-бірімен байланыстырып, жалпы тұғырнамаға біріктіретін біртұтас әдіснамалық

негіз болып табылады. Ол туризмнің біртұтас жүйе ретіндегі мәнін ашып, оның алуан түрлі ішкі және сыртқы байланыстарын оқып-үйреніп, тұрақты құрылым түзетін тетіктерін анықтау мақсатын көздейді [8].



1-сурет – Аумақтың кешенді брендін қалыптастыру

Ақтөбе және Маңғыстау облыстары бір-бірімен шекаралас орналасқан. Ақтөбе облысының Байғанин ауданы Маңғыстау облысына табиғи ерекшеліктері жағынан ғана емес тарихи-мәдени тұрғыдан да ұқсас болып келеді. Бірақ бұл өңір туристік-рекреациялық аспектіде аз зерттелген. Үш ірі геологиялық құрылымдардың Орыс платформасы, Орал қатпарлы жүйесі және Тұран ойпатының қиылысында орналасқан Ақтөбе облысы бірегей геологиялық киындыларға бай. Геологиялық киындылар органикалық әлемнің тасқа айналған қалдықтары бойынша жер қыртысының ұзақ уақыт даму жағдайлары мен процестерін көрсететін өткен геологиялық дәуірлердің негізгі құжаттары. Облыста өңірдің қалыптасу кезеңдері және оның жер қойнауы байлығын зерттеу үшін ерекше маңызға ие флора мен фаунаың жақсы сақталған қалдықтары бар бірегей табиғи геологиялық маңызды нысандар бар.

Аймақ брендін қалыптастыру мен дамытудағы географиялық тұрғының қажеттілігі осы ұғымның өзінде жатыр. Алайда, орын брендингі бойынша шетелдік және отандық компанияларға талдау жасау, көп ретте аймақтардың қасиеттері брендтің пайдасына шешіліп, ал географиялық тұрғы зерттеу базасы ретінде қарастырылмайтындығын көрсетуде. Соңғы уақытта аймақтық брендинг бойынша мамандар арасында географтардың саны артып, брендті қалыптастырудың географиялық аспектілеріне назар аудару жайттары да артуда. Осылайша орын брендингінің «маркетингтік» мәні ретінде - жекеленген мүдделердің аумақтардың жалпы мүдделерімен бірігуі ұғынылуда. Тәжірибе жүзінде бренд өңірдің шынайы ерекшеліктерін көрсетуі тиістігі дәлелденуде, әйтпесе ол тек «әфсана (миф)», «аңыз» күйінде қалып, оның тиісті деңгейде «сіңісіп» кету мүмкіндігі айтарлықтай төмен болмақ. Өз еңбегінде Д.В. Визгалов қала брендингіне қатысты мынаны баяндайды [3]: оның мәні болып символиканың құр бейнесінің ұсынылуы емес, қаланың шынайы келбетінің, оның артықшылықтары мен кемшіліктерінің символдық тілге аударылуы табылады. Демек, осыған сай ұсынылатын әдістеме географиялық тұрғыға сүйене отырып,

брендинг алабына «кешенді географиялық келбет» ұғымын енгізуді қарастырады. Ақтөбе, Ақтау қалаларының атауларының өзі бренд, бұл ретте тек оның графикалық келбеті – логотипін әзірлеу ғана қажет.

Қазақстандағы аймақтық брендингті дамыту бүгінгі таңда бірқатар ерекшеліктермен сипатталады. Біріншіден, өңір бренді көп ретте оның әкімшілік орталығының брендімен үйлестіріледі. Өңірлік әкімшіліктер астаналық брендтерді әзірлеуге тапсырыс бере отырып, олар барша өңір үшін де жұмыс жасайтын болады деп есептеуде. Екіншіден, шенеуніктер брендтен өңір проблемасын шешпесе де, оларды жасырып, көрсетпей тұратын көлеңке, пердені көреді. Үшіншіден, әкімшілік үшін де, жергілікті тұрғындарға да туристік брендті қалыптастыру мен дамыту идеясы түсініктірек, сол себепті көп ретте жұмыстар осы бағытта дамытылады.

Аталмыш зерттеу өңірдің кешенді географиялық келбетін қалыптастыруының символдық бейнеленуі негізіндегі туристік аймақтық брендті құруға қатысты тұрғыларды әзірлеуге бағытталған.

Бұл мақалада өңірдің туристік брендин әзірлеудің бірінші кезеңі ғана көрсетіледі. Бірінші қадам – кешенді географиялық келбетті қалыптастыру үшін өңірді зерттеу (жергілікті жердің табиғи, тарихи-мәдени, әлеуметтік-экономикалық сипаттамаларынан келе отырып) және территорияның сипатты да, қайталанбас та ерекшеліктерін анықтау. Екінші қадам – географиялық келбеттің символикалық бейнеленуі («шынайылықты символдар тіліне аудару»). Үшінші қадам – географиялық келбеттің символикалық интерпретациясы мен олардың кеңістіктік жіктелуін көрсететін объектілер жиынтығына талдау жасау. Төртінші қадам – негізгі тіректік туристік аумақтарды бөліп қарастыру туралы ұсыныстар. Аумақтардың туристік брендин құру мен дамыту, оларды өңірдің экономикалық және әлеуметтік саясатына кіріктіру бойынша келесі қадамдар таза географиялық міндеттердің шеңберінен тыс жатқандықтан, бұл зерттеуде қарастырылмайды.

Ақтөбе және Маңғыстау облыстарының аумақтарына географиялық келбеттерінің символикалық көрсетілуінің кешенді талдануы осы аумақтар шеңберінде «Батыс Қазақстанның киелі орындары» брендин құрудың шынайы мүмкіндіктерін көрсетіп берді. Оны әзірлеу үшін қажетті материалды жүйелеу тәсілдері мен суббрендтер кешені 1-кестеде көрсетілген. Зерттеулер өңірдің географиялық келбетін символикалық түрде көрсететін бірнеше суббрендті ұсынуға мүмкіндік тудырды. Кестеде берілген табиғи және тарихи-мәдени ескерткіштер тек осы өңірлерде ғана кездесетін, өзіндік ерекшеліктерге ие құнды мұралар. Бұл мұраларды туристік-рекреациялық мақсатта пайдалана отырып оны келешек ұрпаққа жеткізу қажет. Әр ескерткішті бренд ретінде қарастыруға болады. Мәселен, табиғи ескерткіштер геологиялық дәуірге байланысты бірнеше ақпаратты бере алады.

1-кесте

Ақтөбе және Маңғыстау облыстарының географиялық, мәдени бейнесін құрушы нысандар
[9, 10, 11, 12]

№	Табиғи ескерткіштер	№	Тарихи-мәдени ескерткіштер
Ақтөбе облысы бойынша			
1	Ақтолағай	46	Абат-Байтақ кешені: мавзолей, құлпытастар, XIV-XX ғ.ғ.
2	Айдарлыаша геологиялық қимасы	47	Тама Есет батыр кесенесі
3	Жаманшын кратері	48	Қобыланды батыр мемориалдық кесенесі
4	Шалқар-Нұра геоморфологиялық нысаны	49	Әбілқайыр ханға арналған «Хан моласы» мемориалдық кешені
5	Шокпар орманы	50	Теміржолшылар Мәдениет үйі, 1928 ж.
6	Барқын құмы	51	Совет Одағының Батыры ұшқыш-космонавт В.И. Пацаевқа орнатылған ескерткіш-бюст. 1976 ж.
7	Шуылдақ палеожанартаулық аймақ	52	Совет Одағының Батыры Ә. Молдағұловаға орнатылған ескерткіш, 1960 ж.
8	Ырғыз-Торғай мемлекеттік табиғи резерваты	53	Сүндет мавзолейі, XIXғ.
9	Ащылысай сарқырамасы	54	Тоқпан мавзолейі, XIXғ.

1-кестенің соңы

№	Табиғи ескерткіштер	№	Тарихи-мәдени ескерткіштер
10	Астантай-Матай соры	55	Дәуімшар қорымы: мавзолей, сағанатам, құлпытастар XVII-XX ғ.ғ.
11	Немой ауылы	56	Қарасақал қорымы: мавзолей, сағанатам, құлпытастар XVII-XX ғ.ғ.
12	Ақбота-Сәңкібай таулары	57	Асан-Қожа қорымы: сағанатам, құлпытастар XVII-XX ғ.ғ.
13	Ақшатау	58	Асау-Барак батырлар кесенесі
14	Азбартас	59	Төлеубұлақ петроглифтері
15	Мұғалжар тауының ең биік нүктесі Бершүгір	60	Есет Дәрібай батыр кесенесі
16	Қарғалы сукоймасы	61	Ойсылқара тарихи-этнографиялық ескерткіші
17	Ақтөбе сукоймасы	62	Алмат-Тамы мавзолейі XIX ғ.
18	«Мартук» жергілікті маңыздағы ерекше қорғалатын табиғи аумақ	63	Досжан Ишан ата қорым-мешіті XIX ғ. аяғы – XX ғ. басы
19	Әйке көлі	64	«Керуен-сарай» тарихи-архитектуралық кешені, Көкжар жәрмеңкесі (мешіт, сауда орны, жәрмеңке комитеті), XIX ғ.
20	Әулиеағаш	65	Шәкен ишан мешіті. XIX ғ.
Маңғыстау облысы бойынша			
21	Үстірт қорығы	66	Оғыландыдағы Бекет Ата жер асты мешіті
22	«Қарағия-Қаракөл» мемлекеттік табиғи резерваты	67	Шакпақ-ата қорымы және жерасты мешіті
23	«Ақтау-Бозащы» мемлекеттік табиғи резерваты	68	Шопан-Ата жерасты мешіті және қорымы
24	Шерқала	69	Сұлтанепе кесенесі
25	Батыс Қаратау	70	Т.Г.Шевченконың мемориалдық кешені
26	Солтүстік Ақтау	71	Сисем-ата қорымы– Маңғыстаудағы ең ірі және ежелгі қорымдардың бірі
27	Кендірлі	72	Қараман – ата мешіті
28	Тамшалы шатқалы	73	Ескі Бейнеу қорымы және Бекет-ата жерасты мешіті
29	Қаракия ойысы, Батыр көлі	74	Масат ата мешіті және қорымы
30	Көгілдір	75	Омар-Тұр күмбезтамы
31	Бозжыра шатқалы	76	Отпан тау тарихи-мәдени кешені
32	Шар тәрізді конкрециялар алқабы Торыш	77	Көкесем қорымы
33	Саура шатқалы	78	Қошқар ата кесенесі
34	Айрақты таулары	79	Қаңға баба кесенесі
35	Тұзбайыр соры	80	Қосарқан кесенесі
36	Ақмыш тауы	81	Қарағашты әулие қорымы
37	Теректі сай	82	Үштам мазары (XIII-XV ғ.ғ.)
38	Кендірлі-Қаясан мемлекеттік қорғалатын аймақ	83	Керуен-сарай Борқұдық (Ерсары ахун мешіті), XVI- XIX ғ.ғ.
39	Самал шатқалы	84	Мыңсуалмас бекінісі
40	Боқты тауы	85	Бала әулие қорымы
41	Қызылқала қалашығы	86	Керуен-сарай Қаратүлей, X – XIII ғ.
42	Жығылған геологиялық көшкіні	87	Таңбалы тас, XIII – XIV ғ.
43	Қарынжарық ойпаты	88	Долы апа кесенесі, XII-XIX ғ.
44	Бесшоқы шыңы	89	Қосым кесенесі, XVII – XX ғ.
45	Отпан шыңы	90	Алтынқазған діни-жерлеу кешені, б.э.д. III-IV ғ.

Мұнда негізгі ірі 90 символдық нысандар шоғырланған облыстардың орталықтары менелді мекендері көрсетілген. Нысандардың қажеттілік деңгейлеріне жасалған талдаулар, бүгінгі таңда олардың тек 30 % ғана туризмде толық мәнде пайдалатынын, ал қалғандарының толық емес түрде қолданылатынын немесе мүлдем қолданылмайтындығын көрсетті. Ұсынылған материал бұдан әрі қарай өзара байланысты туристік бағдарламалар мен маршруттарды құруға және қосымша туристік инфрақұрылымдарды орналастыруға қатысты ұсыныстарды әзірлеуге негіз болатындай етіп құрылымданған. Облыстардағы табиғи, тарихи-мәдени ескерткіштердің туризмде қолданылу аясы әртүрлі. Маңғыстау облысының табиғи, тарихи-мәдени ескерткіштері туризм мақсатында Ақтөбе облысының рекреациялық ресурстарына қарағанда көбірек қолданылады (1-кесте). Маңғыстау облысының рекреациялық ресурстары елімізге танымал және түрлі аңыздар мен жарнамалау әсерінің жоғары болуына байланысты бұл нысандарды көзбен көруге келетін адамдар саны да көп. Ақтөбе облысының табиғи ескерткіштері көпшілікке аса танымал емес, тек жергілікті тұрғындар өз жерінің табиғаты мен тарихын насихаттау арқылы ғана кейбір нысандарға деген ықылас артып келеді. Қазақстан облыстарының ішіндегі көлемі үлкен болса да ескерткіштері аз зерттелген аймақ – Ақтөбе облысы. Бүгінге дейін жеткен халықтық сәулет өнері туындыларын жан-жақты зерттеу қажет, олардың құрылыс, өнер, жазу тарихын ғылыми мамандар жүргізген жөн. Облыстың әртүрлі аудандарындағы ескерткіштер өзіндік ерекшелігі мен көршілес облыстардың тарихымен байланысты ортақтығымен ашып көрсету қажет.

Қорыта келгенде, географиялық тұрқы өңірдің объективті сипаттамаларына сүйенетін туристік аймақтық брендті құруға, тұтас туристік-рекреациялық аумақта жоспарлау брендин қалыптастыруға қажетті стратегияны немесе кластерлік туристік-рекреациялық аймақтарды белгілеуге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Anholt S. Nation brands: the value of “provenance” in branding // *Destination Branding: Creating the Unique Destination Proposition* / Eds N. Morgan, A. Pritchard and R. Pride. Oxford: Butterworth Heinemann, 2002. – P. 42–57.
2. Anholt, S. *Competitive Identity: The New Brand Management for Nations, Cities and Regions* / S. Anholt. – 1st edition. – Palgrave Macmillan, 2007. – 160 p.
3. Визгалов Д.В. *Брендинг города*. – М.: Фонд «Институт экономики города», 2011. – 160 с.
4. Kotler P., Haider D., Rein I. *Marketing Places: Attracting Investment, Industry, and Tourism to Cities, States, and Nations*. New York: Free Press, 1993. – 891 p.
5. Попов А. В. Имидж территориального образования: понятийно-терминологическая систематизация проблемного поля // *Имиджеология-2008: Имидж как инструмент привлекательности и конкурентоспособности: матер. Шестого междунар. симпозиума по имиджеологии* / под ред. Е. А. Петровой. – М.: РИЦ АИМ, 2008. – С. 55–63.
6. Мещеряков Т.В. Бренд территории как символический капитал // *Креативная экономика*. – 2008. – Т. 2. – № 8. – С. 61-69.
7. Мещеряков Т.В., Тихонова Н.С. *Территориальный брендинг: глобальные тенденции, концепции развития, методы оценки эффективности: монография* / под науч. ред. Н.В. Афанасьевой. – СПб., 2008. – 58 с.
8. Мазбаев О.Б., Асубаев Б.Қ., Тоқпанов Е.А. Туристік іс-әрекеттерді ұйымдастырудың теориялық және әдіснамалық негіздері // *Монография*. – Алматы: «Алтын баспа», 2013. – 184 б.
9. Ажигали С.Е. *Архитектура кочевников – феномен истории и культуры Евразии: памятники Арало-Каспийского региона*. – Алматы: Ғылым, 2002. – 652 с.
10. Қондыбай С. Маңғыстау географиясы. Маңғыстау мен Үстірттің киелі орындары. – Алматы: «Арыс» баспасы, 2008. – 288 б.
11. Назарчук М. *Природные условия Актыбинской области*. – Ақтөбе: 2011. – 252 с.
12. *Путеводитель геологических экскурсий* // Научный ред. Баймагамбетов Б.К. – Ақтөбе: «Нобель», 2012. – 358 б.

Қабылданды 07.02.2020

МРНТИ 38.57.19

Г.В. Тарасенко

Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова

ТЕКТОНИКА ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТУРАНСКОЙ ПЛИТЫ С ПОЗИЦИЙ МОБИЛИЗМА

Проведенный анализ геолого-геофизического материала по западной части Туранской плиты подтверждает аккрецию микроконтинентов, причленившихся к Евразии в конце палеозоя и начале мезозоя. Под платформенным чехлом Туранской плиты заключены Устюртский и Карабогазгольский микроконтиненты. Между ними сформировалась складчатая зона или аккреционная призма. Основным источником образования таких зон служат силы горизонтального сжатия.

Туран плитасының батыс бөлігі бойынша геологиялық-геофизикалық материалға жүргізілген талдау палеозойдың соңында және мезозойдың басында Еуразияға жанасқан микроконтиненттердің тіркеуін растайды. Туран плитасының платформалық астында Устірт және Карабогазгол микроконтиненттері жасалған. Олардың арасында қатпарлы аймақ немесе аккрециялық призмалар қалыптасты. Мұндай аймақтардың негізгі пайда болу көзі көлденең қысу күші болып табылады.

The analysis of geological and geophysical material for the western part of the Turan plate confirms the accretion of microcontinents attached to Eurasia at the end of the Paleozoic and early Mesozoic. Under the platform cover of the Turan plate are the Ustyurt and Karabogazgol microcontinents. A folded zone or accretionary prism formed between them. The main source of the formation of such zones are the forces of horizontal compression.

Ключевые слова: Туранская плита, палео-Тетис, микроконтинент, Мангышлак, субдукция, геодинамика.

До образования Туранской плиты происходил дрейф мегаплит и микроплит. Процесс сближения разнородных плит сопровождался поглощением океанической коры в зонах субдукции. При столкновении древних континентов (Русская) и микроконтинентов (Устюртский) зона субдукции перекрывалась ими (континентами), но процесс сжатия продолжается и в современное время.

Развитие западной части Туранской плиты продолжалось совместно с Альпийским складчатым поясом. Он выражен в современном рельефе системой высочайших горных хребтов, протянувшихся от Альп до Гималаев, возникших и продолжающих развиваться сегодня за счет столкновения континентальных масс Африки, Аравии и Индии с Евразией. Альпийский пояс – это складчатые сооружения мезозойского и кайнозойского возраста, созданные на месте мезозойского океана Тетис.

Большей частью в складчатых комплексах, составляющих киммерийский пояс, распознаются породы, формировавшиеся на двух окраинах, обрамлявших океан Тетис – окраинах Гондваны и Евразии. В значительно меньшей мере в пределах пояса сохранились остатки океанической коры Тетиса. К ним относят глубоководные котловины Черного и Каспийского морей [1]. Северная граница Альпийско-Гималайского пояса на западе Туранской плиты проходит по Каратауской мегаантиклинали, так как здесь резко выражены зоны раннемезозойской (киммерийской) складчатости, в которых деформации подверглись триасовые и позднелпозойские толщи флишеподобной серии, перекрытые с резким несогласием средней и южнее Каратау нижней юрой. Эти серии формировались в условиях эпиконтинентального подножия в бассейне, который отделял Карабогазгольский континент от Устюртского. Пермо-триасовые толщи прослеживаются по всему северному краю палео-Тетиса на огромном пространстве от Западной Европы до Восточной Азии (Кушка, Парапамиз). На западе Туранской плиты пермо-триасовые толщи хорошо изучены, и история воссоздается более полно. В истории геологического развития триаса выделяются три этапа.

Первый этап начинается с момента образования серых глинистых сланцев беркутской свиты, накопление которых происходило в очень спокойной субаквальной обстановке, способствовавшей тонкому отмучиванию материала в относительно теплом бассейне. Беркутская свита сменяется песчаниками отпанской свиты, отлагающимися в прибрежных и субаквально-дельтовых условиях при аридном климате на окружающей суше. Снижение роли песчаников в западном направлении от Восточного Мангышлака к Центральному, вероятно, связано с тем, что обломочный материал

привносился с востока. Этим же объясняется и уменьшение толщины отложений отпанской свиты с востока на запад. Во время формирования долнапинской свиты и толщ восточно-каратауской серии происходило сжатие континентальной коры с юга Иранским сегментом, что привело к регрессии и изменению климата. Интенсивность привноса обломочного материала уменьшилась, аридность климата увеличилась, о чем свидетельствует уменьшение роли песчаников в разрезе. Поэтому, красцветная толща долнапинской свиты на Бузацах и Мангышлаке может служить региональной покрывкой.

Второй этап геологического развития начинается с известняково-глинистых зеленовато-серых морских пород с прослоями песчаников, которые отлагались в период растяжения континентальной коры в образовавшемся морском бассейне. В породах содержатся среднеоленекские аммониты (тарталинская и караджатыкская свиты). На Кугусеме и Карашеке отложения представлены преимущественно песчаниками, содержащими аммониты, в Восточном Каратау это сланцы восточно-каратауской серии. В Западном Каратау появляются прослои прибрежных детритусовых глинистых известняков, количество которых постепенно возрастает в западном направлении и в Каратауике достигает 26 %. По-видимому, с востока на запад продолжался привнос обломочного материала, но при этом береговая линия морского бассейна проходила сравнительно близко от северной границы современных выходов Каратауских пород, и ее простираие было субширотным. В связи с этим на Бузацах оленекский ярус, верхний и средний триас сложены красноцветами и более аргиллитисты. Одновременно с замещением фациального состава пород к западу сокращается их мощность. Так, в разрезе Карашек толща отложений тарталинской и караджатыкской свиты 1600 метров, в Восточном Каратау около 1800 м, в Западном – от 1250 до 1000 м и в Каратауике – лишь 300 м.

Регрессивная часть второго этапа представлена красноцветными песчаниками с катунками пород среднетриасовой карауданской свиты. Ее образование происходило в прибрежно-дельтовых районах при аридизации климата, интенсивном сокращении бассейна и развитии местных перемылов. Отложения карауданской свиты, имеющей толщину приблизительно 1,5 километра, завершают второй этап (тип) осадконакопления.

Кинематические данные также подтверждают движение Гондваны в северо-восточном направлении и поглощение океанической коры палео-Тетиса по маркируемым Киммерийским окраинно-континентальным поясам Евразии. Внутри океана палео-Тетис шло поглощение позднепалеозойской океанической коры под Евроазиатскую окраину и наращивание новой океанической коры собственно самого океана Тетис (Неотетис). Карабогазгольский микроконтинент вместе с океанической плитой Тетис перемещался на северо-восток и за ним на юге начинался Неотетис. Палео-Тетис стал окраинным морем, возникшим в тылу киммерийской зоны субдукции.

Третий этап представлен лишь нижней трансгрессивной частью с известняками в основании, сложенной черными и темно-серыми сланцами, алевролитами и песчаниками хозбулакской и шаирской свит, которые распространены только в узкой приразломной зоне Мангышлака.

Формирование верхнетриасовых пород происходило в засоленном бассейне, на что указывают угнетенный характер фауны и отсутствие аммонитов (2-5). Обилие тонкодисперсного углистого материала свидетельствует о восстановительной обстановке. Источниками терригенного материала являлись прилегающие области (Южно Эмбинский вал, Мугоджары, Урал, Казабогазский свод). Общая толщина верхнетриасовых осадков превышает 3 км.

Верхнетриасовые отложения отличаются от нижележащих составом, повышенными мощностями, неустойчивым характером чередования пород. Если доверхнетриасовые отложения формировались в условиях ничем не отличающихся от существовавших на Устюрте и в Прикаспийской впадине, то верхнетриасовые образования в окружающих Мангышлак районах или не отлагались вообще, или отлагались в виде континентальных маломощных осадков. В Центральном Мангышлаке, напротив, они формировались в интенсивно прогибавшейся приразломной зоне, где скорость осадконакопления возросла примерно в 3-4 раза по сравнению с предшествующим этапом. Это, по-видимому, связано с тектоническими особенностями периода [6]. В конце триаса (карнийский век) произошла одна из крупнейших деформаций на

окраине Тетиса, вызванная столкновением с активной окраинной цепочкой континентов Иранского сегмента, который в свою очередь не представлял единого целого. Палеомагнитные данные указывают на независимое движение, по крайней мере, двух его частей – западной и восточной [7].

В начале ранней юры киммерийский этап тектогенеза закончился. Основные структуры были сформированы, наступил континентальный режим на всей западной части Туранской плиты. Как отмечалось выше, киммерийский этап тектогенеза прослеживался до северной границы Каратауского вала и далее на север. Активная окраина Евразии переместилась на юг и там, в основном, происходило наращивание континентальной коры за счет микроконтинентов, оторвавшихся от Гондваны. Таким образом, юг Туранской плиты предстает как типичное коллизионное складчатое сооружение, возникшее в результате сближения и конечного столкновения Евразии с континентами Гондваны. Под платформенным чехлом Туранской низменности заключены остатки микроконтинентов, океанической коры и аккреционных призм, собравшихся в более крупный континентальный массив в предъюрский период [7].

Последующие этапы тектогенеза влияли на структурообразование, но незначительно. Их влияние происходило по глубинным разломам субдуцированной океанической коры субгоризонтального направления (20-30°), что подтверждается геолого-геофизическими и сейсмологическими данными.

Между Карабогазгольской и Устюртской микроплитами океаническая кора полностью не поглощалась, в зоне субдукции, и к ним приурочены глубокие депрессии Южно-Мангышлакского прогиба, разделенного Карагинской седловиной на две части – Жазгурлинскую и Сегендыкскую. Карагинская седловина относится к Карабогазгольской микроплите, и образование сверхглубокой Карагинской восточной впадины (-132 м) связано с силами горизонтального сжатия, происходящего на современном тектоническом этапе. Процессы, происходящие в земной коре в виде землетрясений, колебания уровня Каспийского моря связаны с субдукционным механизмом. По данным ОГТ зона субдукции зафиксирована в районе Каратау, где четко просматривается погружение отражающего горизонта под углом до 30 ° на северо-восток под Южно-Бузачинскую впадину. Из-за отсутствия глубинных сейсмопрофилей ОГТ в этой зоне проследить наглядно плоскость погружения субдукции нет возможности, но по данным ГСЭ (Димаков А.И.) эта плоскость отмечается на глубине 60 км на Северо-Бузачинском своде и хорошо сопровождается выраженным глубинным листрическим разломом, соединяющимся с субдукционной поверхностью. Зона субдукции выявлена и на западной стороне Каспийского моря (Бродский А.Я.) на сочленении кряжа Карпинского и Прикаспийской впадины. Вероятность регионального простирания зоны субдукции в этом направлении вытекает из палинпастических построений Зоненштайна Л.П., Бражникова О.Г. и сейсмических данных ОГТ.

Объяснение отражающих площадок («рефлективити») в подошве земной коры или кровле мантии по данным ОГТ в разных районах земной коры приводит к одному: определяющими факторами для проявления сейсмической неоднородности являются степень разрушенности пород и их флюидонасыщенность. Сенсационными в этом плане оказались данные по Кольской сверхглубокой скважине: на большой глубине пористость и флюидонасыщенность может увеличиваться и сейсмическая граница на глубине 7 км, истолкованная в 60-е годы как поверхность «базальтового» слоя, связана с зоной повышенной раздробленности пород и анизотропией скоростей (Ю.И. Кузнецов). Стало очевидным, что субгоризонтальные сейсмические границы в коре чаще всего являются частью листрических разломов, т.е. они трассируют горизонтальные подвижки в коре [8].

При образовании ослабленных слоев и мелкой расслоенности земной коры, очевидно, не последнюю роль играют глубинные флюиды. Образование глубинных флюидов связано с субдукцией океанической коры и поглощением осадочных толщ в мантию, где и происходит их дифференциация. С этим процессом связано и образование УВ, пластовых вод, твердых полезных ископаемых при воздействии сложных физико-химических процессов, зависящих от давления и температуры, и их перемещение во времени и пространстве с изменением этих условий. Перемещение и миграция флюидов происходит в субгоризонтальном направлении по горизонтальным и листрическим разломам. Микронепфть, образованная в зоне субдукции, мигрирует в парогазовом состоянии

в трещиноватые зоны земной коры. Во время миграции микроневфть адсорбируется вмещающими породами и в зависимости от расстояния и термобарических условий превращается в нефть. Более длительная миграция происходит в горизонтальном направлении, где при высоких термобарических значениях нефть катагенетически высоко преобразованная, легкая. Миграция микроневфти в вертикальном направлении приводит к образованию нефти катагенетически слабо превращенной, тяжелой. Это обусловлено низкими термобарическими условиями, коротким временем адсорбирования микроневфти и расстоянием.

Основным направлением данной работы является выделение зон субдукции, служащей источником генерации углеводородов и других флюидов, контролирующей геодинамический режим данного региона, который можно выделить как нефтегазовую провинцию при новом подходе нефтегазогеологического районирования. С позиций тектоники плит геодинамический процесс имеет законченный вид, обусловивший выделение зоны нефтегазоаккумуляции и зоны разгрузки. Субдукционный механизм образования углеводородов сопоставим с круговоротом воды в природе, что доказывается циклом Уилсона, где субдукция является обязательным элементом.

Список литературы

1. Хаин В.Е. Палеозойский этап развития земной коры // Геология и геофизика, 1989. – № 9. – С. 13-15.
2. Попков В.И., Калинин М.И., Сейфулин Ш.М. Глубинное строение Северного Каспия // Док. АН СССР. – 1989. – Т. 305. – № 2. – С. 409-412.
3. Хаин В.Е. Структурно-динамические типы нефтегазоносных бассейнов и их формационное содержание // Кн. Современные проблемы геологии нефти и газа. – М., МГУ, 1978. – С. 125-132.
4. Стратиграфия СССР. Триасовая система. – М., Недра, 1973 г.
5. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И. Тектоника плит СССР. – В 2-х томах.
6. Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г. Глубинная геодинамика. – Новосибирск, 1994. – 299 с.
7. Кузьмин М.И., Корольков А.Т., Дриль С.И., Коваленко С.Н. Историческая геология с основами тектоники плит и металлогении. – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2000. – 288 с.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 67.25.23

Е.А. Феоктистова, Т.А. Иноземцева, В.И. Наумова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

СТРУКТУРА КУЛЬТУРНОГО ЛАНДШАФТА ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДОВ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА: ЭТАПЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

В статье рассматриваются особенности формирования и эволюции культурного ландшафта исторических городов востока Казахстана – Семей и Усть-Каменогорск, определены основные этапы их развития, а также современные тенденции в эстетическом преобразовании среды поселений.

Мақалада Қазақстанның шығысы – Семей және Өскеменнің тарихи қалаларының мәдени ландшафтының қалыптасуы мен эволюциясының ерекшеліктері қарастырылады, оның дамуының негізгі кезеңдері, сондай-ақ қоныстар ортасын эстетикалық қайта құрудың қазіргі заманғы үрдістері анықталды.

The article discusses the features of the formation and evolution of the cultural landscape of the historical cities of eastern Kazakhstan - Semey and Ust-Kamenogorsk, identifies the main stages of its development, and modern trends in the aesthetic transformation of the environment of settlements.

Ключевые слова: культурный ландшафт, исторический город, историко-архитектурное наследие, градостроительство.

Визитной карточкой многих городов мира являются архитектурные сооружения, ставшие символами многовековой, иногда тысячелетней культуры и технических возможностей страны. Однако еще в большей степени в настоящее время местами притяжения становятся городские пространства, особенно исторических городов, где среда аккумулирует символы, образы, топонимику разных эпох и поколений. Именно исторический город является местом сосредоточения объектов историко-культурного и архитектурно-градостроительного наследия, во многом определяющих уникальность культурного ландшафта.

Одним из важнейших направлений в Концепции культурного развития Республики Казахстан является вопрос сохранения и использования историко-культурного наследия, рассматриваемого в том числе и как потенциал для развития туристической отрасли. Северные и восточные части Восточного Казахстана вошли в туристический кластер «Восточный Казахстан – жемчужина Алтая», где в качестве приоритетных выделены объекты и памятники архитектуры в городах Усть-Каменогорск и Семей (бывший Семипалатинск), насчитывающие 300-летнюю историю. Концепция программы предполагает возможность включения и дополнения списка памятников, но необходимо определить основные принципы и подходы к решению этого вопроса.

Наиболее перспективным подходом к определению эстетически и исторически значимых локусов города видится концепция культурного ландшафта, получившая широкое развитие в трудах географов, культурологов. В градостроительной теории культурный ландшафт трактуется как процесс формирования городской среды, порожденный культурой жизни общества, все компоненты которого выступают по своему содержанию как продукт материально и духовно преобразующей деятельности человека [1]. При этом «роль зодчего в изменении культурного ландшафта сводится, с одной стороны, к реконструкции основной его категории – планировочной структуры населенного места – с восстановлением культурных ландшафтов на всей его территории, каждый участок которой имеет свою историю и градостроительную культуру; с другой – к созданию новых наполненных культурным содержанием пространств» [2, с. 3].

Возникает вопрос о структуре культурного ландшафта исторического города, в изучении которого наиболее перспективными представляются труды Ю.А. Веденина. В качестве основных элементов культурного ландшафта ученый выделяет наследие (общепризнанные социальные, научные и художественные ценности) традиционную и инновационную культуру [3]. На основе трудов ведущих философов, культурологов и географов (Семенова-Тян-Шанского, Лямина, Книжникова, Веденина, Лотмана, Флоренского) Т. Красовской также была предложена классификация культурного ландшафта на традиционные и инновационные, где ведущим качеством автор выделяет образное представление о ландшафте [4]. По нашему мнению, данная классификация охватывает более широкий диапазон характеристик культурного ландшафта города, что и позволяет на ее основе выделять классификационные единицы с учетом таких различных факторов, как пространственно-временная организация, степень гармонизации образующих элементов, естественно-природная среда, религиозная и этническая составляющая.

Эстетику Усть-Каменогорска и Семей, от этапа основания поселений до современности, в значительной степени определял природный ландшафт – долинно-речной в степной и лесостепной зоне Прииртышья, где в 1718 году была заложена Семиполатная крепость и предгорно-долинный в поймах Иртыша и Ульбы, где в 1720 году была основана Усть-Каменогорская крепость (рис. 1).

Примечательно, что первоначальные крепости были впоследствии перенесены в обоих городах. Основанные в незнакомых для первых поселенцев условиях, в процессе адаптации к природно-климатическим, гидрологическим и прочим особенностям местности, были выбраны более комфортные и безопасные территории. При этом пространственно-эстетический геном был в основном воспроизведен на новом месте в Усть-Каменогорской крепости и трансформирован в Семиполатной, где первая фортеция была построена в традициях древнерусского градостроительства, а вторая являла собой, по сравнению с первоначальной, инновационный тип освоения пространства на принципах русского регулярного градостроительства, выраженного в краткой формуле – «красота регулярства» [5].

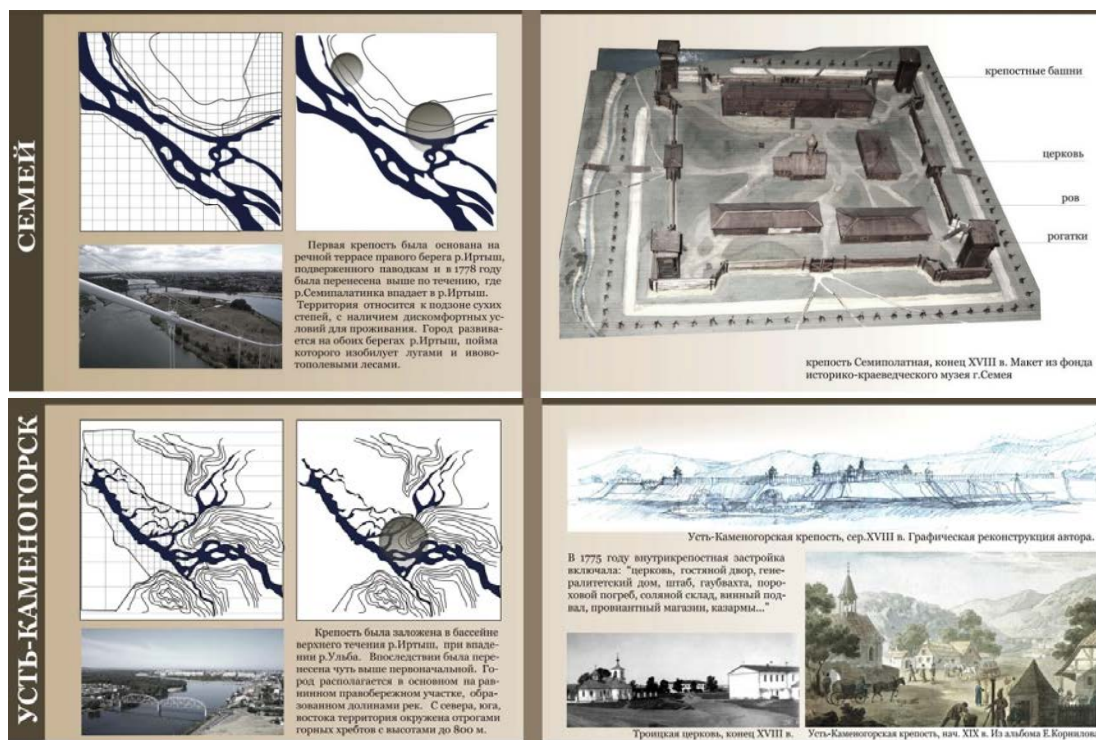


Рисунок 1 – Местоположение первоначальных поселений – крепостей в структуре природного ландшафта

Основанные в начале XVIII века как военные поселения на Иртышской линии укрепления, города-крепости впоследствии формировались в соответствии с градостроительной практикой европейского и русского фортификационного искусства. Первоначально образованный ими тип культурного ландшафта носил революционно-инновационный характер, так как до этого времени на территории Казахстана не было подобных поселений. Впоследствии, в результате исторического развития, первоначальная структура городского ландшафта трансформировалась в эволюционно-инновационно, а затем в традиционную. В настоящее время историческое ядро обоих городов, сохранившее исходную планировочную структуру и частично застройку, формирует реликтовый традиционный ландшафт современных поселений.

Последующий (второй) этап развития городов связан с количественными и качественными изменениями в архитектурно-пространственной структуре: формированием разных морфотипов застройки, активным включением акватории рек, развитием более сложного силуэта. Эстетическая парадигма XVIII века в полной мере отразилась в облике поселений провинциальных городов, которыми являлись губернские и уездные города востока современного Казахстана. Это и регулярная планировочная структура (рис. 2), и формирование главных улиц «сплошной фасадом», и сочетание рядовой застройки и архитектурных доминант (как правило православных храмов и мечетей). Был «заложен один из ведущих принципов городской композиции – чередование эмоционально ярких концентрирующих в себе высокие художественные качества композиционных узлов города с более спокойными и нейтральными элементами, дающими своеобразную разрядку эмоциональной напряженности при восприятии города» [6, с. 55]. Структура культурного ландшафта обогатилась за счет формирования ансамблей городских площадей, силуэтных композиций городов, саковых религиозных пространств и этнически неоднородных жилых кварталов. Следует отметить, что поликонфессиональная и полиэтническая структура населения городов обусловила наличие зданий и строений, построенных в соответствии с национальными традициями, что определило формирование эстетически неоднородной среды с чертами стилей европейской и восточной архитектуры.



Рисунок 2 – Фрагмент плана г. Семипалатинска 1912-1913 гг., основанного на принципах регулярности, и фрагменты городской среды г. Семипалатинска

В истории градостроительства для большинства исторических поселений характерно наличие и преемственное развитие традиционных сакральных ландшафтов. Сакральная составляющая играла огромную роль в организации пространства каждого поселения. Храмы и святые места, играя роль культурно-духовных центров и «оберегов», как правило, сохранялись с особой тщательностью. К сожалению, в течение третьего этапа развития, хронологически соответствующему времени существования СССР, были утрачены большинство храмов, а вместе с ними и веками формировавшаяся сакральная среда. Особенно это коснулось немногочисленных церквей и мечети г. Усть-Каменогорска, где уцелел только Троицкий храм. В г. Семее были разрушены Знаменский собор, церковь Александра Невского, Никольский собор, Благовещенская церковь, лишь «чудом» уцелел Воскресенский собор. Сохранились одноминаретные деревянная и каменные мечети, а также одно из красивейших зданий культовой архитектуры региона – двухминаретная мечеть.

В советский период появляется инновационный для региона тип прибрежного освоения ландшафта – набережные, ставшие неотъемлемой частью архитектурного облика городов, особенно Усть-Каменогорска. Возникают новые типы городских пространств и элементов: квартальная, впоследствии микрорайонная жилая застройка; административные, привокзальные, при заводские площади с преимущественно типовой архитектурой и планировкой; городские парки, скверы и бульвары, частично компенсирующие активное замещение и преобразование природного ландшафта.

Современный культурный ландшафт городов образуют следующие элементы:

- небольшие сохранившиеся фрагменты периода городов-крепостей (крепостной вал, Троицкая крепость в г. Усть-Каменогорске, отдельные здания в г. Семее),
- планировочная структура и частично сохранившиеся здания исторической части городов периода торгово-ремесленных городов (например: ул. Большая – ныне ул. Чехова в Усть-Каменогорске, район Татарской слободы у двухминаретной мечети, Воскресенский собор, мечети и другие административные, общественные и жилые здания в г. Семее);
- застройка кварталов и общегородских центров 50-х гг. XX в., «ансамбли» городских площадей, микрорайонная и индивидуальная застройка 60-90-х гг. XX в.;
- здания и сооружения, датируемые концом XX - первыми десятилетиями XXI вв.;
- элементы природного ландшафта: акватории рек и рельеф, а также озелененные территории парков, скверов, улиц и бульваров.

Особенностью исторических городов востока Казахстана на всех этапах их развития является подвижность и полиэтничность структуры населения, что наряду с географическими и геополитическими факторами обусловило развитие и симбиоз различных культур, художественных и архитектурных стилей, отразившихся в эстетике городских пространств. Сохранение этих архитектурных «пластов» – важное условие формирования эстетически интересной, культурно и социально значимой городской среды, привлекательной для горожан и туристов.

В последние годы наблюдаются определенные тенденции в трансформации городской среды г. Усть-Каменогорска и г. Семей, в числе которых можно выделить:

- замещение элементов природного ландшафта вследствие территориального развития городов;
- поступательное формирование евразийской культурной эстетики, отражающее полиэтничную и поликонфессиональную структуру общества, и наметившееся возрождение региональных традиций зодчества (проявляющееся прежде всего в культовых объектах);
- использование новых строительных материалов и технологий, увеличивших цветовую палитру колористики городов, развитие светового дизайна и элементов благоустройства;
- отсутствие эстетически выразительной и целостной среды центральных улиц, утраченной вследствие стихийного оформления входных групп и продолжающейся застройкой рекреационных пространств;
- доминирование пространств для автомобилей, вытесняющих человека из городских пространств – жилых дворов, улиц и площадей. Одной из попыток частично решить эту проблему, например в г. Усть-Каменогорске, стала организация пешеходной зоны на ул. Бейбитшилик, что, к сожалению, пока является единичным мероприятием.

Культурный ландшафт исторического города является сложной многоуровневой структурой, сформировавшейся на основе симбиоза традиций и инноваций. Традиционный ландшафт города – это своего рода генетическое ядро поселения, в котором заключено его своеобразие и программа возможного будущего развития, механизмом запуска которого являются инновации. Для того чтобы город не превратился в музей, необходимо наличие постоянного инновационного процесса, который бы обеспечивал гармоничную трансформацию городской среды с учетом существующего традиционного ландшафта.

Список литературы

- 1 Смолицкая Т.А. Культурный ландшафт города. – М.: ВНИИТАГ, 1989. – 45 с.
- 2 Смолицкая Т.А., Король Т.О., Голубева Е.И. Городской культурный ландшафт: Традиции и современные тенденции развития. – М.: Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2016. – 272 с.
- 3 Чалая И.П., Веденин Ю.А. Культурно-ландшафтное районирование Тверской области. Рос. акад. наук. Рос.НИИ культ. и природ. наследия, Центр провинц. культуры и туризма (Твер. обл.). – М., 1997. – 285 с.
- 4 Красовская Т.М. К вопросу классификации культурных ландшафтов (на примере севера России) / Юбилейная науч. конф. «Культурный ландшафт: теория и практика» (3-11 ноября 2003 г.). – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2003. – Режим доступа: www.kultland2003.narod.ru
- 5 Алферова Г.В. Русские города XVI-XVII веков / Ин-т истории СССР АН СССР. – М.: Стройиздат, 1989. – 216 с.
- 6 Памятники архитектуры в структуре городов СССР / Под ред. А.В. Иконникова и Н.Ф. Гуляницкого. – М.: Стройиздат, 1978. – 208 с.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 52.13.23

С.Н. Шапошник¹, Ю.Н. Шапошник², Л.А. Крупник³, Г.Т. Нуршайыкова¹¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан²Институт горного дела СОРАН, г. Новосибирск, Россия³Казахский Национальный исследовательский технический университет им. К. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан**ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАБРЫЗГБЕТОННОЙ КРЕПИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В КРИОЛИТОЗОНЕ**

Проведен анализ применяемых крепей в зонах многолетней мерзлоты Крайнего Севера. Представлены мерзлотные и физико-механические свойства вмещающих пород месторождения Бадран. На основании лабораторных испытаний торкретбетона MasterRoc STS 1510 производства компании BASF установлены его прочностные характеристики в возрасте 28 суток.

Қиыр Солтүстіктегі көпжылдық мәнгі аяз аймақтарында қолданылатын бекітпелерге талдау жүргізілді. Бадран кенорнының жанас жыныстарының суыққа төзімді және физикалық-механикалық қасиеттері келтірілді. BASF компаниясы өндіретін MasterRoc STS 1510 торкретбетонның зертханалық сынамалар негізінде оның беріктілік қасиеттері 28 тәулік шамасында қалыптасты.

An analysis of the applied supports in the permafrost zones of the Far North is carried out. The permafrost and physicomachanical properties of the host rocks of the Badran deposit are presented. Based on laboratory tests of MasterRoc STS 1510 shotcrete made by BASF, its strength characteristics at the age of 28 days are established.

При возведении набрызгбетонной крепи в горных выработках, эксплуатируемых при отрицательном тепловом режиме, необходимо учитывать особенности изменения технологии ведения работ при низких температурах [1].

Для набрызгбетона с применением добавок приемлемыми сроками схватывания и твердения следует считать: начало – до 2 мин., конец – 8...10 мин. При нанесении набрызгбетона на поверхность с низкой температурой (+5 °С и ниже) в состав сухой смеси или в воду затворения вводят противоморозные добавки. В качестве противоморозных добавок для набрызгбетона возможно использование поташа или смеси поташа и сернокислого алюминия [2].

Для подземных объектов криолитозоны (зоны многолетней мерзлоты), эксплуатирующихся со знакопеременной во времени температурой внутренней среды и существенно изменяющимися прочностными свойствами горных пород при оттаивании, в целях обеспечения безопасности в работах [3 – 5] рекомендуется использовать тепловую защиту. В данных работах установлено, что наличие теплоизоляции снижает температурный перепад по длине выработки в среднем на 0,2 °С/м. На основании проведенных исследований были разработаны новые несущие теплозащитные покрытия на основе легкого набрызгбетона [6, 7], отличительной особенностью которых является повышенное термическое сопротивление при постоянной прочности. Последнее достигается тем, что теплозащитное покрытие выполняется слоистым, когда несущие прочные слои чередуются с легкими теплоизоляционными слоями.

В условиях горных выработок криолитозоны, где породы могут находиться как в мерзлом, так и в талом состоянии, набрызгбетонные смеси должны обеспечивать хорошую адгезию и быстрый набор прочности набрызгбетона при любом состоянии породы [8]. Авторы данной работы предложили слоистую крепь, первый слой которой – обычный тяжелый набрызгбетон, а второй слой содержит легкий наполнитель.

Практическая реализация использования легкого наполнителя набрызгбетона, даже такого как дорогой вермикулит, должна сопровождаться экономическим эффектом по сравнению с использованием обычного торкретбетона.

На сегодняшний день крепление горных выработок в зонах многолетней мерзлоты производится в основном рамной крепью из спецпрофиля СВП-17 (СВП-22) с затяжкой кровли и бортов деревом или анкерной крепью.

Однако из-за контакта закрепляющего состава сталеполимерной анкерной крепи с породой, имеющей отрицательную температуру, адгезия составляет около 48 % от величины адгезии в породе, имеющей положительную температуру [9]. Установка анкера в шпур, разогретый после бурения (температура стенок шпура составила $+5...+8^{\circ}\text{C}$), позволила увеличить адгезию до 86 % от номинального значения. При охлаждении закрепляющей смеси до -10°C скорость отверждения смолы примерно в 10 раз меньше, чем при температуре $+25^{\circ}\text{C}$.

Широкое применение в условиях вечной мерзлоты нашли также металлические рамные крепи из спецпрофиля СВП (рис. 1). Забутовка закрепного пространства при этом производится пустой породой или «костровой крепью». Данные материалы не формируют теплозащитное покрытие выработок.

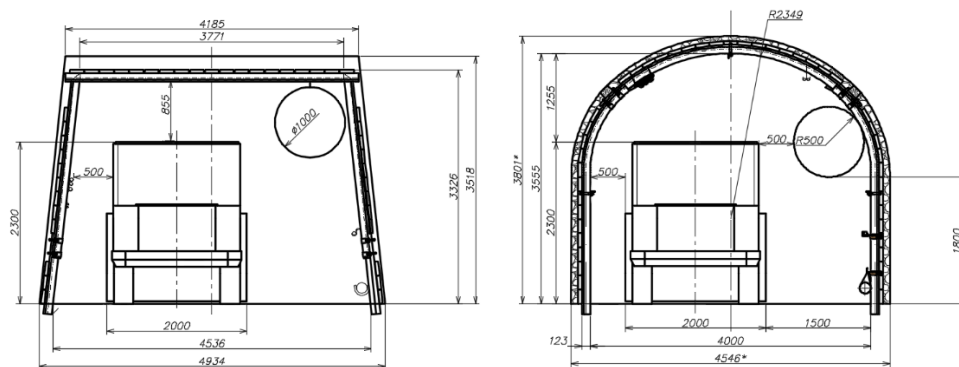


Рисунок 1 – Конструкция арочной металлической крепи горных выработок при отработке запасов россыпей ручья «Раковский» и ручья Болотный» ОАО «Горнодобывающая компания «Берелех»

Одним из перспективных направлений создания теплозащитных покрытий может быть использование в качестве заполнителя закрепных пустот фенольных вспенивающихся смол. Так, цементная смесь «Текбленд» хорошо себя зарекомендовала в качестве забутовки при рамных крепях на руднике «Скалистый» ПАО ЗФ «ГМК «Норильский никель» на горизонте -850 м. При этом цементная смесь «Текбленд» подавалась в двойные полипропиленовые мешки, которые заводили между рамами и контуром вмещающих пород. В этом случае обеспечивалось полное заполнение закрепного пространства.

Внедрение технологии забутовки закрепного пространства фенольной смолой «Блокфил» при креплении выработок рамной металлической крепью на Орловской шахте ТОО «Востокцветмет» позволило заполнять все неровности и пустоты закрепного пространства горных выработок, что исключило возможность динамического нагружения крепи при обрушении пород кровли, при этом при производстве взрывных работ разрушение забутовочного материала из смолы «Блокфил» не происходило [10, 11]. В отличие от забутовки пустот «костровой» крепью процесс заполнения закрепных пустот вспенивающимися материалами механизирован, горнорабочие находятся в закрепленной части горной выработки.

Определенное в Институте нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН значение коэффициента теплопроводности (λ) фенольной смолы «Блокфил» производства компании DSI, равное $0,026 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{K}$, позволяет утверждать, что смола вполне может выполнять роль изоляционного материала при забутовке закрепных пустот при проходке горных выработок.

Определенный в аккредитованном Центре коллективного пользования геомеханических, геофизических и геодинамических измерений Института горного дела СО РАН предел прочности (σ) затвердевшей фенольной смолы при прямом растяжении составил $0,003 \text{ МПа}$ при значении деформации $\varepsilon = 0,24$; предел прочности на одноосное сжатие (текучести) затвердевшей фенольной смолы «Блокфил» соответствует заявленным показателям компанией-производителем смолы DSI – более $0,02 \text{ МПа}$. Однако затраты на забутовку закрепного пространства вспенивающимися материалами по сравнению с «кострением» пустот на 1 п.м. выработки сечением $S_{\text{пр}} = 16,0 \text{ м}^2$ больше

на 1210 долл. США. Кроме того, область эффективного использования вспенивающихся материалов ограничена температурой окружающего воздуха +20...+25 °С.

Применение набрызгбетонных крепей в условиях криолитозоны налажено на рудниках «Тимптон» ГОКа «Алданслюда» Республики Саха (Якутия), ПАО ЗФ «ГМК «Норильский никель», АО «Алроса». В качестве легкого заполнителя торкретбетона применяются местные строительные материалы: вермикулит, азерит и силикатопенобетон. Кроме необходимости создания теплозащитных покрытий необходимо достижение нормативных показателей набрызгбетонной крепи по прочности при растяжении.

Проведем расчеты несущей способности изоляционного слоя торкретбетона для золоторудного месторождения Бадран, расположенного на территории Оймяконского улуса Республики Саха (Якутия) в 134 км к юго-западу по автотрассе Колыма от административного центра улуса – посёлка городского типа Усть-Нера, в бассейне одноименного ручья Селерикан на правом берегу р. Бол, который, в свою очередь, является правым притоком р. Эльги, впадающей слева в р. Индигирка [12].

Геологические образования, в которых локализовано месторождение, относятся к классу пород с жёсткими кристаллизационными и цементационными связями. Литологически они представлены пачками, толщами, пластами неравномерно переслаивающихся алевролитов, песчаников и их переходных разновидностей. Породы умеренно трещиноваты (от 1 до 10 – 15 трещин на 1 п.м.), в замороженной части геологического разреза большинство открытых трещин заполнено льдом.

Физико-механические свойства руд и вмещающих пород месторождения изучались по специальным образцам в разных лабораториях в разное время. По прочностным характеристикам образцы пород месторождения подвергались испытаниям прочности на растяжение и сжатие. Результаты этих и других исследований сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты определения физико-механических свойств горных пород месторождения Бадран

Литологический состав образца	Приведенный средний предел прочности на растяжение, МПа	Средний предел прочности на сжатие, МПа	Коэффициент крепости по М.М. Протодьяконову	Коэффициент крепости по Л.Н. Барону	Сопротивление сдвигу, МПа	Угол внутреннего трения, град.
Песчаник	6,69	153,18	15-16	12-13	16,0	66
Алевропесчаник	4,73	122,68	12-13	10-11	12,04	67,5
Милонит	2,95	55,8	5-6	6-7	6,41	64
Алевролит милонитизированный	2,66	53,15	5-6	6	5,94	65
Алевролит	4,61	92,28	9-10	8-9	10,32	65
Милонит	1,29	31,97	3-4	4-5	3,22	67
Милонит с кварцем	5,46	109,15	11-12	9-10	12,21	65
Кварц	5,79	145,14	14-15	12	14,49	67,5
Кварц окисленный	2,45	61,78	6-7	6-7	6,15	67,5
Алевропесчаник с прожилками кварца	1,85	46,34	4-5	5-6	4,63	67,5

Месторождение Бадран находится в зоне сплошного развития многолетнемерзлых пород [13]. Подошва криолитозоны в общих чертах повторяет рельеф земной поверхности. Мощность многолетнемерзлых пород превышает 300 м: в пределах III рудного столба (обводненный участок зоны «Надвиговая») минимальные ее значения составляют 318,4 – 319,5 м, на I рудном столбе в анало-

гичной гидрогеологической обстановке она варьирует в интервале от 352,5 (уклон 20) до 418,7 м (штрек 166). На юго-восточном фланге месторождения, в районе вершины с абсолютной отметкой 1245,3 м, мощность замороженных пород превышает 450 м, ориентировочно она может составить 525 м.

Наиболее низкие температуры горных пород в начале июля отмечаются на глубине 6 – 8 м от земной поверхности. Они колеблются в интервале от -8,0 до -10,6 °С и обусловлены низкими температурами воздуха как в зимний период времени, так и в среднем по году, маломощным снеговым покровом и незначительным количеством летней солнечной радиации. Слой годовых теплооборотов (СГТ) в пределах месторождения находится на глубине от 15 до 25 м; его положение определяется экспозицией склона, мощностью снегового и растительного покровов, а также целым рядом других факторов. Температура пород на подошве СГТ колеблется от -7,0 до -8,0 °С. Геотермический градиент в интервале глубин 25 – 80 м изменяется от 1,7 до 2,3 °С/100 м. Его минимальные значения наблюдаются в пределах водоразделов и связаны с влиянием рельефа. Согласно выполненным расчетам мощность многолетнемерзлой толщи (ММТ) изменяется в пределах 380 – 530 м. Максимальная мощность ММТ (460 – 530 м) приурочена к водоразделам с абсолютными отметками 1050 – 1245 м.

Устойчивость пород рудной зоны благодаря цементирующей способности льда, при условии соблюдения природного температурного равновесия, удовлетворительная. При проходке разведочных выработок и эксплуатационных камер надежная устойчивость их кровли наблюдалась в случаях, когда она совпадала с всياчим контактом зоны либо располагалась выше – во вмещающих породах. Заколообразование, массовые вывалы и отслоение пород наблюдаются, если кровля выработок располагается в геологических образованиях зоны «Надвиговая», особенно вблизи ее всياчего контакта. Причины этого – присутствие в всياчем боку рудного тела милонитов, прочностные характеристики которых вследствие значительной тектонической нарушенности в 4 – 5 раз ниже аналогичных показателей вмещающих пород. В ходе процессов растепления, когда нарушается температурное равновесие пород, происходит уменьшение предела их прочности на растяжение, что особенно негативно проявляется при увеличении площади обнаженной поверхности. Поэтому при горно-эксплуатационных работах следует принимать во внимание, что породы в мёрзлом состоянии при длительном воздействии напряжения склонны к ползучести, а оттаивание тектонически раздробленных пород за счет теплого воздуха из систем вентиляции, сопровождающееся резкой потерей их устойчивости, отражается на проведении горнопроходческих и очистных работ. Это основной фактор, который осложняет инженерно-геологические условия разработки месторождения.

Для повышения эффективности закрепления неустойчивых пород необходимо ограничить время воздействия внешних факторов, приводящих к потере устойчивости и снижению прочностных характеристик, для чего изолирующий слой торкретбетона толщиной 30 мм наносится на борта, кровлю и грудь забоя выработки сразу после проведения взрывных работ в забое и проветривания (после орошения и разбора заколов). За счет высокой производительности возведения изолирующего слоя и свойств набрызгбетона ограничивается степень воздействия влажности шахтной атмосферы на обнажаемые участки горного массива.

На основании [14] толщина набрызгбетона, применяемого в качестве защитного покрытия против выветривания породного обнажения, принимаемая без расчета, должна быть не менее 3 см. Толщину набрызгбетона, применяемого в качестве расчетной несущей конструкции самостоятельно или в сочетании с анкерами или арками, следует назначать не менее 5 см.

При расчете крепи нормативные и расчетные характеристики набрызгбетона (прочность, модуль упругости) при отсутствии опытных данных в условиях строительства назначают в зависимости от класса бетона по прочности по таблицам, приведенным в [15]. Согласно [14] в промышленных условиях для изготовления бетонных образцов, необходимых для испытания материала на сжатие и изгиб, было произведено заполнение деревянных ящиков с размерами 500×500×120 мм торкретбетоном MasterRoc STS 1510 производства компании BASF. После хранения материалов в ящиках производилось распиливание плиты на образцы кубической формы с размером ребра 100 мм для определения предела прочности на сжатие и образцы с размерами 40×40×160 мм для определения предела прочности на изгиб материалов в лабораторных условиях на 28 суток (рис. 2).



а



б

Рисунок 2 – Фотографии бетонных образцов: а – распиловка образца; б – общий вид распиленной балки

Ведение взрывных работ в непосредственной близости от покрытия из набрызгбетона допускается при наборе им прочности не менее 1 МПа. В результате проведенных испытаний достигнут предел прочности при сжатии 36,83 МПа, что соответствует бетону В25, а это, в свою очередь, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к торкретбетонам, изложенным в [14]. При определении прочности набрызгбетона по образцам следует руководствоваться ГОСТ 18105-86, при определении морозостойкости – ГОСТ 10060-86, водонепроницаемости – ГОСТ 12730.5-84.

Марку набрызгбетона по водонепроницаемости W следует назначать не менее: W4 – при градиенте гидростатического напора (отношение максимального напора воды (м) к толщине обделки (м) от 5 до 10; W6 – от 10 до 20; W8 – от 20 до 30. Марку набрызгбетона по морозостойкости F надлежит назначать в зависимости от расчетной зимней температуры наружного воздуха в соответствии с п. 1.8 СНиП 2.03.01-84: F300 для температуры ниже -40 °C; F200 – от -40 до -20 °C; F150 – от 20 °C и выше. В результате проведенных испытаний в Центре сертификационных испытаний РГП на ПХВ ВКГТУ им. Д. Серикбаева марка набрызгбетона по водонепроницаемости составила W6, по морозостойкости – F200.

Толщину набрызгбетонного покрытия, используемого в качестве несущей конструкции, определяют следующим образом. Если по условиям технологии проходки выработки возможно обеспечение гладкого контура (механизированная проходка), то набрызгбетонное покрытие следует проектировать как распорную конструкцию, работающую совместно с прилегающим массивом, в которой предельное состояние покрытия обуславливается работой на сжатие.

Если по условиям технологии проходки нельзя гарантировать создание гладкого контура выработки и, следовательно, работу покрытия как распорной конструкции, то покрытие из набрызгбетона следует рассчитывать как жесткую пластину, работающую в упругопластическом режиме от нагрузки в виде локального вывала. В нашем случае контурное взрывание при проходке выработки не применяется, потому контур выработки неровный.

Использование набрызгбетонной крепи толщиной 45 мм в условиях криолитозоны позволит использовать ее как изолирующую (теплоизоляционную), так и как несущую конструкцию на руднике Бадран ГРК «Западная».

Для достижения заданного термического сопротивления путем использования теплозащитного бетона или обычного бетона, но большей толщины, необходимо выявлять экономическую целесообразность того или иного вида крепи.

Список литературы

1. Подземные объекты в горных выработках криолитозоны Якутии: ТСН 31-323-2002 Республики Саха (Якутия) / Минстрой Республики Саха (Якутия). – Якутск, 2002.
2. Технологические правила применения набрызгбетона при ремонте и реконструкции инженерных сооружений. – М: Транспорт, 1978.
3. Галкин А.Ф. Расчет параметров теплозащитных покрытий подземных сооружений криолитозоны // Изв. вузов. Горный журнал, 2008. – № 6. – С. 81-89.
4. Скуба В.Н. Исследование устойчивости горных выработок в условиях многолетней мерзлоты. – Новосибирск: Наука, 1974. – 118 с.
5. Шувалов Ю.В., Галкин А.Ф. Теория и практика оптимального управления тепловым режимом подземных сооружений криолитозоны // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2010. – № 8. – С. 365-370.
6. Галкин А.Ф. Новая технология крепления горных выработок в криолитозоне // Техника и технология, 2011. – № 3. – С. 46-47.
7. Галкин А.Ф. Тепловой режим подземных сооружений Севера. – Новосибирск: Наука, 2000. – 304 с.
8. Курилко А.С. Применение набрызгбетонных теплозащитных покрытий в условиях криолитозоны // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2005. – № 12. – С. 147 – 152.
9. Васильев С.Д. Обоснование и разработка методики расчета крепления сталеполимерной анкерной крепью горных выработок для условий многолетней мерзлоты: Дис. ... канд. техн. наук / Моск. гос. открытый ун-т им. В.С. Черномырдина. – М., 2013. – 117 с.
10. Шапошник Ю.Н., Неверов А.А., Неверов С.А., Конурин А.И., Шокарев Д.А. Разработка технологии забутовки закрепных пустот вспенивающимися материалами // ФТПРПИ, 2018. – №1. – С. 45-51.
11. Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н. Опыт внедрения технологии заполнения «куполов» вспенивающимися смолами на шахтах ТОО «Востокцветмет» // Безопасность труда в промышленности, 2017. – № 5. – С. 62-67.
12. Отчет о результатах геологоразведочных работ, выполненных в 2012-2015 гг. на флангах и глубоких горизонтах I и II рудных столбов золоторудного месторождения Бадран, с оперативным подсчетом запасов по состоянию на 01.02.2015 г. (Республика Саха (Якутия). – Оймяконский улус, Усть-Нера, 2015.
13. Технический проект разработки глубоких горизонтов месторождения Бадран подземным способом / ООО НПО «АкадемГЕО». – Новосибирск, 2017.
14. ВНС 126-90. Крепление выработок набрызг-бетоном и анкерами при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов. Нормы проектирования и производства работ. – М., 1991.
15. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции (с изменениями № 1, 2).

Получено 07.02.2020



МРНТИ 691.3

Е.Е. Асылқанов, А.Г. Гольцев, В.Ю. ЧернавинВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ**

В настоящее время в связи с внедрением инновационных технологий строительная отрасль стала соответствовать мировым стандартам. Одна из этих технологий – это технология BIM.

Қазіргі уақытта инновациялық технологиялардың енгізілуіне байланысты құрылыс индустриясы халықаралық стандарттарға сай келе бастады. Осындай технологиялардың бірі – BIM технологиясы.

Currently, in connection with the introduction of innovative technologies, the construction industry has begun to meet international standards. One of these technologies is BIM technology.

Ключевые слова: моделирование, информационные технологии, BIM-технологии, оптимизация, строительство, проектирование.

Информационное моделирование объектов (BIM) – это новый взгляд на процесс оптимизации проектирования и строительства. С помощью BIM-технологии создаётся информационная модель, которая обеспечивает точное видение проекта в целом. Технологии информационного моделирования зданий – это качественно новый подход в архитектурно-строительном проектировании, который заключается в построении трёхмерной виртуальной модели здания в цифровом виде и несет в себе полную информацию о будущем объекте. Применение BIM-технологии в проектировании зданий включает в себя сбор и комплексную обработку технологической, архитектурно-конструкторской, экономической информации о здании, благодаря чему строительный объект и всё, что к нему относится, рассматриваются как единое целое. Трёхмерная модель здания тесно связана с информационной базой данных, поэтому изменение хотя бы одного параметра строительного объекта влечёт за собой также изменение всех связанных с ним систем и объектов, включая чертежи, спецификации, визуализации, календарный график.

Применение BIM к существующим объектам началось практически одновременно с широким внедрением информационного моделирования зданий. И здесь, пожалуй, становятся еще более очевидными преимущества BIM перед традиционным проектированием:

- возможность моделировать изменения в конструкции здания;
- проектировать переоснащение здания новым инженерным оборудованием, доводя его эксплуатационные характеристики до современного уровня требований;
- отслеживать текущее состояние здания (особенно важно для памятников архитектуры) и своевременно принимать меры по реставрации;
- грамотно эксплуатировать существующие объекты.

Схема взаимодействия при информационном моделировании показана на рис. 1.

Фактически информационная модель становится местом и средством не только хранения сведений о памятнике, но и серьезным инструментом при исследовательской работе с этой информацией, а также в учебно-просветительской и коммуникационной деятельности. Эта модель также тесно связана с мониторингом состояния объекта и его возможным использованием (эксплуатацией). Таким образом, информационная модель памятника архитектуры – это не просто его виртуальная копия, а «интеллектуальный контейнер» с взаимосвязанной информацией об объекте, причем объем этого контейнера практически не ограничен.

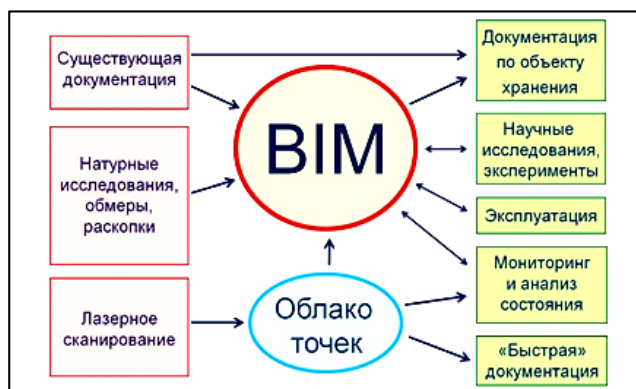


Рисунок 1 – Схема взаимодействия при информационном моделировании

Часто неотъемлемой частью процесса информационного моделирования памятника архитектуры становится лазерное сканирование, которое в современных условиях является лучшей технологией получения реальной формы (геометрии) здания.

Конструирование зданий любых габаритов и разнообразного целевого назначения предполагает, в первую очередь, поэтапное планирование и анализ всех данных. С целью сохранения времени и средств, необходимых для сооружения объектов и улучшения оптимизации процесса в целом, проводные строительные организации используют внедрение BIM-технологии.

Программа предназначена для усовершенствования архитектурно-конструкторской оболочки сооружения и улучшения эксплуатационных свойств постройки. Виртуальное моделирование способствует созданию необходимой документации. Многовариантное проектирование позволяет выбрать наиболее эффективный план конструирования. Каждый эскизный проект, созданный посредством BIM-технологии, отличается точностью проведенных расчетов, чертежей. Инновационный продукт минимизирует вероятность возникновения ошибок и сокращает время производства в целом.

Строительство с BIM-технологиями:

- информационно-аналитическая поддержка деятельности при выполнении функций контроля и технического надзора за объектами;
- полная прозрачность всех работ для генерального подрядчика, управляющей компании, контролирующих и регулирующих органов, будущих жильцов;
- выполнение задач формализованного строительного контроля, формирование аналитической, статистической отчетности, включая ряд финансовых отчетов о ходе работ;
- мгновенная выгрузка полного пакета документов о ходе строительства, визуализация реальной ситуации на объекте для сравнения с планом;
- применение фотограмметрии и дронов для создания актуальной 3D-модели стройплощадки с целью наглядного мониторинга работ и выполнения планово-обмерных работ;
- автоматизированное управление строительной техникой, позволяющее минимизировать риск затягивания срока проекта, повысить качество выполнения работ и уменьшить расход материалов.

Для тех рабочих групп, которые занимаются созданием моделей конструкций для проектов реконструкции и модернизации, точность данных о текущих условиях на стройплощадке имеет критически важное значение. Однако изучение документации, созданной вручную, и данных, полученных в ходе традиционных геодезических изысканий, – трудный и монотонный процесс, который отнимает много времени. Кроме того, здесь высока вероятность возникновения ошибок.

Благодаря инструментам лазерного сканирования (например, сканирование по технологии лазерного обнаружения и измерения дальности – LiDAR) проектные группы могут получить облака точек, которые предоставляют полную информацию о существующей застройке и окружающей среде. Добавив эти данные в BIM, проектировщики строительных конструкций могут создать модели, полностью соответствующие условиям на строительной площадке.

С использованием BIM-технологий повышает качество строительной продукции в своей отрасли.

Для повышения качества строительных объектов необходима модернизация работ на каждом участке, то есть повышение качества и технологии создания строительных конструкций, использование инновационных систем в проектных и монтажных работах. Для получения положительных результатов при проверке качества зданий и сооружений, необходимо использование BIM-технологий.

Проверка качества строительства ведется специалистом с использованием устаревших технологий и техники. Одним из пунктов повышения качества является модернизация системы контроля качества во время и после строительно-монтажных работ.

Контроль за качеством строительства заключается в проверке соответствия строительно-монтажных работ, а также строительных материалов и изделий, от которых зависит качество строительной продукции, требованиям проектов, СНиП технических регламентов, стандартов.

Основная задача контроля качества строительства – предупреждение, выявление, устранение причин, отклонений, которые могут привести в строительстве к браку. Брак, своевременно обнаруженный в процессе строительства, в большинстве случаев сравнительно легко поддается исправлению с наименьшими затратами. Брак, обнаруженный после окончания строительства, исправить значительно труднее.

Для проверки качества строительных работ контроль ведется следующими способами:

- визуальный, при котором информацию о параметрах объекта получают за счет внешнего осмотра; применяется в отношении «качественных» показателей; является одним из видов органолептического контроля, но его часто выделяют в отдельный вид;

- инструментальный, проводимый с применением различных средств измерений; выполняется в отношении «количественных» показателей; разновидности: лабораторный, геодезический и метрологический контроль;

- органолептический, при котором информацию о параметрах объекта получают за счет органов чувств (тактильные, звуковые, вкусовые).

При проведении контроля инструментальным способом необходимо использовать новейшие приборы и связанные с ними технологии, в частности использование прибора наземного лазерного сканирования (НЛС).

В процессе сканирования фиксируются направление распространения лазерного луча и расстояние до точек объекта. Результатом работы НЛС является растровое изображение – скан (рис. 2).

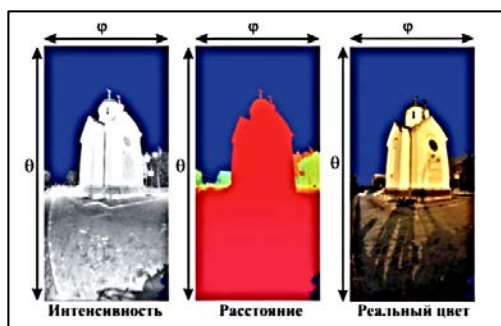


Рисунок 2 – Результат лазерного сканирования – растровое изображение

Значения пикселей изображения представляют собой элементы вектора со следующими компонентами: измеренным расстоянием, интенсивностью отраженного сигнала и RGB-составляющей, характеризующей реальный цвет точки. Положение (строка и столбец) каждого элемента (пикселя) полученного раstra отражает значения измеренных вертикального и горизонтального углов. Для большинства моделей характеристика реального цвета для каждой точки получается с помощью неметрической цифровой камеры.

Список литературы

1. Талапов. В. В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий – М: ДМК Пресс, 2015. – 410 с.: ил.
2. Талапов. В. В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М : ДМК Пресс, 2011. – 392 с.: ил.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 44.01.11

Н.Б. Бакытбекова, Н.В. Прохоренкова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОТЕЛЬНОЙ ПУТЕМ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ

В данной статье рассматривается вопрос повышения энергоэффективности котельной за счет установления тепловых насосов и разработки мероприятий по энергосбережению. Рассматривается вопрос ресурсосбережения за счет использования охлаждающей технической воды в качестве источника низкопотенциальной теплоты для теплового насоса.

Бұл мақалада жылу сорғыларын орнату және энергияны үнемдеу шараларын жасау арқылы қазандықтың энергия тиімділігін арттыру мәселесі талқыланады. Жылу сорғысы үшін төмен потенциалды жылу көзі ретінде салқындатылған техникалық суды пайдалану арқылы ресурстарды үнемдеу мәселесі қарастырылады.

This article discusses the issue of improving the energy efficiency of a boiler room by installing heat pumps and developing energy-saving measures. The issue of resource saving due to the use of cooling process water as a source of low-potential heat for a heat pump is considered.

Ключевые слова: теплоснабжение; тепловые насосы; энергоэффективность; энергосбережение; низкопотенциальная теплота.

Одним из приоритетных направлений развития мирового сообщества является решение проблем охраны окружающей среды и недопущения ухудшения экологической обстановки, поэтому вопросы рационального и экономного потребления и использования природных ресурсов, а также ресурсоэнергосбережения являются значимыми и важными для дальнейшего развития современной экономики государств.

В 1984 году в Директиве Рабочей группы по атмосферному воздуху было впервые сформулировано понятие принципа «Наилучших доступных технологий без чрезмерных затрат» (Best available techniques not entailing excessive costs (BATNEEC)), которое первоначально относилось к выбросам в атмосферный воздух загрязняющих веществ от крупных промышленных предприятий [1].

Основным принципом природоохранного законодательства ЕС, предусмотренным Директивой [1] в последней редакции 2008/1/ЕС от 15.01.2008 г., является постоянное снижение степени воздействия на окружающую среду. В целях создания равновесия между требованиями минимизировать загрязнение и реальными техническими возможностями Директивой предусмотрено применение механизма расчета показателей воздействия на основе «наилучших доступных технологий» (НДТ). Термин НДТ подразумевает, что такая технология является самой лучшей с точки зрения соблюдения экологических требований и доступной для лиц, заинтересованных в ее применении [1].

В Республике Казахстан проект закона о совершенствовании системы нормирования в области охраны окружающей среды предусматривает переход крупных предприятий на принцип наилучших доступных технологий, на основании которых будут устанавливаться нормативы выбросов, сбросов, образования отходов.

Проведенный нами анализ мероприятий по энергосбережению в регионах показал следующее:

1. 20 % мероприятий можно реализовать при затратах до 2 млн. тенге за 1 т у.т.;
2. 65 % мероприятий можно реализовать при затратах от 2 млн до 5 млн тенге за 1 т у.т.;
3. Около 15 % мероприятий можно реализовать при затратах до 5 млн тенге за 1 т у.т.

Реализация всего потенциала энергосбережения на всех этапах может занимать, как правило, до 15 лет.

По разным оценкам около 70 % выработанной тепловой энергии теряется на различных этапах производства и транспортировки тепловой энергии и только около 30 % выработанной тепловой энергии поступает к потребителю.

Значительные тепловые потери (40 %) происходят через стеновые ограждения, окна и вентиляционные системы зданий. Поэтому при проектировании новых и реконструкции действующих теплогенерирующих источников энергии необходимо обращать внимание на новые ресурсосберегающие и экологичные технологии, способствующие повышению энергоэффективности. Проектирование и внедрение новых источников энергии и технологий является одним из приоритетных направлений развития энергоресурсосбережения во всем мире. При этом большое внимание уделяется развитию новых альтернативных и возобновляемых источников энергии [3].

В настоящее время около 60 % тепловой энергии в Казахстане производится централизованными источниками, остальные 40 % – децентрализованными, в том числе около 1 % – автономными и индивидуальными источниками теплоснабжения. Большинство котельных характеризуются устаревшими конструкциями, отсутствием устройств автоматического контроля и регулирования, значительными затратами на ремонт и эксплуатацию, а также низким энергетическим КПД. В Казахстане насчитывается около 15 тыс. ведомственных и муниципальных котельных, имеющих срок службы более 20 лет. Изношенное оборудование котельных, низкое качество эксплуатации, устаревшие технологии приводят к их низкой энергоэффективности. Большое количество тепловой энергии теряется при транспортировке теплоносителя. Превышение износа сетевого хозяйства в системах теплоснабжения составляет 65 %. Тепловые сети достаточно протяженные и около 80 % требуют капитального ремонта и полной замены, при этом примерно 20 % требуют незамедлительной замены. С каждым годом состояние тепловых сетей ухудшается, потери теплоносителя и тепловой энергии только увеличиваются. Поэтому потери тепловой энергии превышают все нормативные значения и, вместо 16 %, достигают значения 35...40 %. Для сравнения: во многих странах Евросоюза с развитой системой теплоснабжения потери составляют всего 2...10 % [3].

Теплоснабжение является одной из основных систем жизнеобеспечения населения, предназначенных для создания благоприятных и комфортных условий в общественных, жилых и производственных помещениях.

Энергоаудит теплогенерирующего источника позволяет определить тепловые потери и предложить экономичный режим эксплуатации котельной. При необходимости проводится реконструкция котельной с заменой оборудования на более производительное и экономичное. Энергетическое исследование котлоагрегата проводится совместно с пуско-наладочными работами и тепловыми балансовыми испытаниями, при этом проверяется КПД котла, подбирается оптимальный по результатам анализа дымовых газов коэффициент избытка воздуха при различных режимах нагрузки котлов.

При работе котлоагрегата в установленных режимах существуют следующие виды основных потерь энергии (рис. 1):

- потери, связанные с недожогом топлива и уходящими дымовыми газами;
- потери через обмуровку;
- потери при продувке.

Однако потери могут возрасти и при некачественной режимной наладке котлоагрегата, несвоевременном проведении очистки поверхностей теплообмена, отсутствии некоторых средств измерения и контроля и т.д.



Рисунок 1 – Энергетический анализ потерь энергии в котлоагрегате КЕ-25-14

Очевидно, что основные резервы экономии энергии возможны при рекуперации и утилизации вторичных энергоресурсов (табл. 1).

Таблица 1

Энергосберегающие и энергоэффективные мероприятия и их эффективность при эксплуатации котлоагрегатов

№	Мероприятия	Топливо, %	
		экономия	перерасход
1	Использование за котлоагрегатом водяного экономайзера	5-6	-
2	Повышение в топке коэффициента избытка воздуха (α)	-	0,7
3	Уменьшение присосов воздуха по газовому тракту котлоагрегатов на 0,1 %	0,5	-
4	Применение за котлоагрегатом установок утилизации теплоты, установок использования скрытой теплоты парообразования	До 15	-
5	Снижение температуры отходящих дымовых газов на 10 °С	0,6-0,7	-
6	Отклонение содержания CO_2 в отходящих дымовых газах на 1 %	-	0,7
7	Забор воздуха из верхней зоны котельной на каждые 1000 м ³ топлива	17 кг.у.т	-
8	Применение вакуумного деаэратора	1,0	-
9	Подогрев питательной воды в экономайзере на 6 °С	1,0	-
10	Увеличение на входе в барабан котла температуры питательной воды на 10 °С	2,0	-
11	Перевод работы парового котла на водогрейный режим	2,0	-

Установка водяного экономайзера за котлом приводит к снижению температуры отходящих дымовых газов на 10 °С, что дает возможность увеличить КПД котлоагрегата на 5,6...6,7 % [4].

Экономия (замещение) органического топлива с помощью тепловых насосов, в конечном счете, происходит за счет полезного вовлечения выбросов низкопотенциальной теплоты на ТЭЦ. Это сокращение достигается двумя способами:

1. Прямым использованием охлаждающей технической воды ТЭЦ в качестве источника низкопотенциальной теплоты для теплового насоса (в обход градирни).

2. Использованием в качестве источника низкопотенциальной теплоты для тепловых насосов обратной сетевой воды (ОСВ), возвращаемой на ТЭЦ, температура которой снижается [5].

Рассмотрим первый способ, когда тепловой насос размещен вблизи ТЭЦ.

Источником охлаждающей технической воды, разрабатываемой котельной с котлоагрегатом КЕ-25-14, служит река. Вода поступает в котельную с $t=5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в зимний период.

Техническая вода имеет следующий состав, который представлен в табл. 2.

Таблица 2

Состав охлаждающей технической воды

№	Наименование	Обозначение	Единица измерения	
			мг-экв/л	мг/л
1	Сухой остаток	$C_{\text{в}}$	-	1017
2	Жесткость общая	J_0	8,6	-
3	Жесткость карбонатная	$J_{\text{к}}$	4,0	-
4	Катионы: кальций	Ca^{2+}	4,8	96,2
5	магний	Mg^{2+}	3,8	46,2
6	натрий	Na^{+}	1,16	32,6
7	Сумма катионов	$K_{\text{ат}}$	9,76	175
8	Анионы: хлориды	Cl	-	124
9	сульфаты	SO_4^{2-}	-	390
10	бикарбонаты	HCO_3^{-}	-	-
11	Сумма анионов	$A_{\text{н}}$	-	-
12	$P_{\text{н}} = 7,5$			

Схемы приготовления воды для паровых котлов проводится по трем основным показателям:

- величине продувки котлов;
- относительной щелочности котловой воды;
- содержанию углекислоты в паре.

Сначала проверяется, допустима ли наиболее простая схема обработки воды методом натрий-катионирования по этим показателям.

Продувка котлов по сухому остатку, %, определяется по формуле

$$P_{\text{н}} = C_{\text{х}} * P_{\text{к}} * 100 / (C_{\text{к.в}} - (C_{\text{х}} * P_{\text{к}})) = 1072 * 0,123 * 100 / (3000 - (1072 * 0,123)) = 4,6 \%,$$

где $C_{\text{х}}$ – сухой остаток химически очищенной воды, мг/л, $C_{\text{х}} = C_{\text{в}} + 2,96H - 10,84H = 1072$ мг/л;

$P_{\text{к}}$ – суммарные потери пара; в долях паропроизводительности котельной;

$C_{\text{к.в}}$ – сухой остаток котловой воды, принимается по данным завода изготовителя котлов.

Относительная щелочность котловой воды равна относительной щелочности химически обработанной воды, %, и определяется по формуле

$$\text{Щ}' = 40 * \text{Щ}_{\text{х}} * 100 / C_{\text{х}} = 40 * 4 * 100 / 1072 = 14,9 \% < 20 \%,$$

где 40 – эквивалент Щ , мг/л; $\text{Щ}_{\text{х}}$ – щелочность химически обработанной воды, мг-экв/л, принимается для метода Na-катионирования равной щелочности исходной воды (карбонатной жесткости).

Количество углекислоты в паре определяется по формуле:

$$C_{\text{уг}} = 22 * \text{Щ}_x * \alpha_0 * (\alpha' + \alpha'') = 22 * 4,0 * 0,19 (0,4 + 0,7) = 18,39 \text{ мг/л},$$
$$18,39 \text{ мг/л} < 20 \text{ мг/л},$$

где α_0 – доля химически очищенной воды в питательной; α' – доля разложения HCO_3 в котле, при давлении 14 кгс/см² (1,4 МПа) принимается равной 0,7; α'' – доля разложения HCO_3 в котле, принимается равной 0,4.

Производительность цеха водоподготовки принимаем равной количеству сырой воды, поступающей на химводоочистку.

Принимая схему обработки воды путем натрий-катионирования, получаем

$$G_p^{\text{н}} = G_{\text{с.в.}} = 3,24 \text{ кг/с} = 11,66 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Таким образом, использование схем теплоснабжения с применением тепловых насосов и с охлаждением ОСВ дает следующие результаты:

1. Прирост электрической мощности (на 6...10 %) от установленной мощности теплофикационной турбины без затрат топлива на этот прирост.
2. Прирост тепловой мощности на величину утилизируемой теплоты, ранее выбрасываемой в систему охлаждения технической воды.
3. Снижение теплопотерь при транспортировке сетевой воды в магистральных трубопроводах.
4. Возрастание отопительной нагрузки (на 15...20 %) при том же расходе первичной сетевой воды.
5. Появление резервного источника для покрытия пиковых тепловых нагрузок [7].

Для работы в системе центрального теплоснабжения требуются крупные тепловые насосы большой мощности. Подлежащий распределению полученный при применении ТН совокупный экономический эффект в основном определяется объемом достигаемой экономии топлива по отношению к наиболее реальному альтернативному варианту и напрямую зависит от цены сэкономленного топлива.

Список литературы

1. Директива Совета Европейского Союза 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 г. О комплексном предотвращении и контроле загрязнений / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://context.reverso.net/>
2. Закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 15.01.2019 г.).
3. Состояние и перспективы развития электро- и теплоэнергетики Республики Казахстан // KAZENERGY / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://old.kazenergy.com/ru/1-2008/942-elektro-teplo-ener.html>
4. Васильев Г.П., Шилкин Н.В. Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных системах // АВОК. – 2003.
5. Куртова Н.А. Энергосберегающие инженерные системы в жилищном строительстве // Оборудование. Разработки. Технологии. – 2011.
6. Лунева С. К. Решение вопросов энергосбережения и энергоэффективности при применении тепловых насосов // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2014.
7. Николаев Ю. Е., Бакшеев А. Ю. Определение эффективности тепловых насосов, использующих теплоту обратной сетевой воды ТЭЦ // Промышленная энергетика. – 2007.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 73.31.61

В.Н. ВдовинВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**МАРШРУТИЗАЦИЯ ГРУЗОПОТОКОВ В ЛОГИСТИКЕ**

В статье рассматривается решение задачи маршрутизации с учётом соблюдения временных интервалов обслуживания магазинов, так как решение, полученное с учётом минимума суммарного пробега, не обеспечивает соблюдение графика обслуживания клиентуры. Расчёт рациональных маршрутов с использованием задачи коммивояжера с временными окнами позволит обеспечить своевременность доставки товара и повысить качество обслуживания клиентуры.

Осы мақалада біз бағдарлар бойынша мәселелерді дүкендерге қызмет көрсету шығындарын ескере отырып қалай шешуге болатындығын қарастырамыз, өйткені қарапайым қызметтердің минималды санын есептеу кезінде қабылданған шешім тұтынушыларға қызмет көрсетуге сәйкес келуге кепілдік бермейді. Уақытша терезелері бар функциялық тіркесімін қолдана отырып, тауарларды уақтылы жеткізудің тиімді бағыттарын ұсынуға және клиенттерге ең жақсы қызмет көрсетуге мүмкіндік береді.

The article considers the approach to solving the routing problem taking into account the observance of time intervals of service stores, as the solution obtained taking into account the minimum total mileage, does not ensure compliance with the schedule of customer service. Calculation of rational routes using the salesman problem with time Windows will ensure timely delivery of goods and improve the quality of customer service.

Ключевые слова. Маршрутизация, задача коммивояжера, временные окна, развозочные маршруты, качество обслуживания.

В логистике немаловажное значение в управлении материальными потоками играет маршрутизация перевозок. Разработка рациональных маршрутов движения автомобилей позволяет решать следующие задачи:

- оптимизировать направления движения грузопотоков в логистических каналах и цепях;
- обеспечить доставку продукции клиентам в нужном количестве и в определённое время;
- обеспечить высокую производительность транспортных средств;
- снизить себестоимость доставки грузов.

Особенно важно улучшать не только отдельные элементы транспортно-логистической системы, а в целом оптимизировать весь процесс и обеспечить высокий уровень качества обслуживания клиентуры. Качество транспортной продукции – это своевременная доставка продукции потребителю в определённом количестве и в определённое время.

Проблема маршрутизации является особенно актуальной при обслуживании торговой сети любого города. Формирование рациональных маршрутов позволяет точно определить объёмы перевозок грузов в территориальном и временном аспектах, оптимизировать количество транспортных средств, добиться сокращения простоев автомобилей под погрузкой и разгрузкой, обеспечить своевременную доставку товара.

Задача разработки рациональных маршрутов доставки товаров в торговую сеть города должна учитывать особенности, с которыми перевозчики сталкиваются на практике: десятки объектов развоза, большой разброс расстояний между поставщиками и получателями, небольшие объёмы складских помещений у получателей, ограниченные возможности транспортного парка, несвоевременное выполнение договорных обязательств. В связи с этим, для повышения эффективности работы компаний необходимо комплексное решение задачи построения маршрутных схем оптимальных по транспортным расходам и времени доставки.

Ввиду большого количества торговых точек и ограниченного количества транспортных средств, маршрутизацию перевозок целесообразно осуществлять в два этапа. Первый этап – это кластеризация, которая позволит разбить город на районы в зависимости от объёмов заказов клиентов, их дислокации и грузоподъёмности используемых автомобилей. Второй этап – маршрутизация, для решения которой предлагается использовать задачу коммивояжера с временными окнами.

ми. Такая постановка задачи позволит повысить качество обслуживания за счёт учёта желаемого клиентом времени доставки товара в магазин. В задаче коммивояжёра с временными окнами оптимизируется время посещения клиента в заданные сроки, при этом задача, как и в стандартной поставке, должна учитывать сокращение пробега на маршруте.

Кластерный анализ производится с целью формирования объектов, в данном случае торговых точек, в определённые группы (зоны города). Для решения задачи кластеризации использован метод одиночной связи.

Рассмотрим алгоритм метода одиночной связи:

1. В матрице расстояний между магазинами в строке «0» (0 – точка отправки автомобилей) ищется наибольшее значение (самая удалённая точка). Данная точка соответствует первому пункту, внесённому в решение, ей присваивается координата i_1 .

2. Проверяется данный пункт на соответствие условию (1):

$$Q_1 \leq q_n, \quad (1)$$

где Q_1 – размер заказа первого клиента, соответствующего координате i_1 ; q_n – номинальная грузоподъемность транспортного средства, тонн.

Если данное условие удовлетворяется, то переходим к пункту 3. Если нет, то для координаты i_1 нет допустимого решения.

3. К точке, выбранной в пункте 1, последовательно добавляется другая точка обслуживания. Для этого в матрице в строке, соответствующей координате i_1 , находится наименьшее значение.

4. Выбранное в пункте 3 значение проверяется на соответствие условию (2):

$$\sum_{i=1}^{m+1} Q_i \leq q_n, \quad (2)$$

где Q_i – размер заказа i -го клиента, тонн; m – количество пунктов, уже включенных в определённую зону;

Если данное условие соблюдается, то точке присваивается координата i_2 . Строка и столбец, соответствующие значению координаты i_1 , из матрицы исключаются; далее по условию 3 проверяется следующая точка.

Если условие не соблюдается, то данная точка условно исключается из матрицы, рассматривается следующее наименьшее расстояние в строке, соответствующей координате i_1 . Данное расстояние проверяется на соответствии условию (3):

$$l_{i_1 i_2} \leq \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n l_{ij}}{n^2}. \quad (3)$$

Если условие (3) удовлетворяется, то потенциальная точка на включение в зону проверяется на соответствие условию (2). Если это условие выполняется, то точке присваивается координата i_2 , затем снова по условию 3 проверяется следующая точка и так далее.

Если условие (3) не удовлетворяется, то формирование зоны заканчивается.

Расчёт остаточной грузоподъемности транспортного средства производится по формуле (4):

$$q_{\text{ост}} = q_n - \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (4)$$

где q_n – номинальная грузоподъемность транспортного средства, тонн; n – количество пунктов, уже включенных в определённую зону; Q_i – количество заказанного товара i -м клиентом (в i -м пункте), тонн.

Таким образом, за каждым автомобилем предприятия закрепляется определенный район обслуживания.

Ниже представлена реализация задачи кластеризации для заявок на один из характерных дней работы предприятия, осуществляющего доставку прохладительных напитков в торговую сеть города. В распоряжении предприятия имеется пять автомобилей грузоподъемностью 1,5 тонны.

Используя алгоритм метода одиночной связи, были сформированы семь зон обслуживания, которые удовлетворяют условиям (1)–(4).

Информация по сформированным зонам обслуживания для двух зон представлена в табл. 1.

Таблица 1

Перечень зон обслуживания

№ зоны	Пункты, включенные в зону	Адреса пунктов	Объём доставки, т
1	«32»	Щербакова, 32	1,49
	«13»	Бажова, 345	
	«1»	Бажова, 343/1	
	«4»	Новоселов, 43	
	«11»	1-я Октябрьская, 139	
	«22»	1-я Октябрьская, 134	
	«20»	Гоголя, 8	
	«23»	Чернова, 122	
2	«15»	Казахстан, 59	1,49
	«33»	Вострцова, 6	
	«14»	Гоголя, 24	
	«17»	Б-р Гагарина, 32	
	«31»	Б-р Гагарина, 36	

После реализации задачи кластеризации, внутри районов осуществляется маршрутизация. Задача маршрутизации формулируется следующим образом: даны n торговых точек, расстояния между которыми или время проезда известны. Для каждого потребителя задан промежуток времени, в течение которого его должен посетить автомобиль. Маршрут должен пройти через каждую из точек один раз, при этом автомобиль должен вернуться в пункт, с которого начал объезд. Основным критерием выгодности маршрута является самый кратчайший путь следования.

Наиболее оптимальным при решении данной задачи является метод ветвей и границ: торговые точки принимаются как вершины графа, сообщения (i, j) – ребра; требование поиска минимального пути, который проходит через каждый из пунктов один раз с возвращением в начальную точку. Задача с временными окнами имеет систему допущений и ограничений. Ограничения: автомобиль может посетить торговую точку только один раз; автомобиль должен вернуться в пункт, с которого начал движение; грузоподъемность автомобиля; временной интервал посещения автомобилем клиента. Допущения: автомобиль может прибыть к клиенту с опозданием или опережением в 15 минут.

Временной интервал посещения автомобилем клиента:

$$T_p \leq t_i \leq T_n, \quad (5)$$

где T_p – самое раннее время, когда автомобиль может прибыть в пункт i ; T_n – самое позднее время, когда автомобиль может прибыть в пункт i .

Объёмы перевозок и желаемые интервалы посещений магазинов для зоны 1 представлены в табл. 2.

Таблица 2

Данные торговых точек зоны 1

№ зоны	Пункты, включенные в зону	Адреса пунктов	Объём перевозок, т	Желаемые интервалы посещения клиентов
1	«32»	Щербакова, 32	0,3	8.00-9.00
	«13»	Бажова, 345	0,29	-
	«1»	Бажова, 343/1	0,58	9.00-10.00
	«4»	Новоселов, 43	0,02	10.00-11.00
	«11»	1-я Октябрьская, 139	0,15	10.00-11.00
	«22»	1-я Октябрьская, 134	0,01	9.00-10.00
	«20»	Гоголя, 8	0,03	11.00-12.00
	«23»	Чернова, 122	0,1	11.00-12.00
Итого	«15»	Казахстан, 59	0,01	11.00-12.00
	9		1,49	

На примере зоны 1 представлен расчёт оптимального маршрута по критерию минимума суммарного пробега без учёта временных окон. Время движения на маршруте и время разгрузочных операций соответствуют величинам, сложившимся на предприятии: время движения на маршруте – $t_{\text{дв}} = 0,93$ часа, время разгрузки – $t_p = 3,31$ часа, время оборота на маршруте $t_m = 4,74$ часа. Оптимальный маршрут по критерию минимума суммарного пробега и полученное время прибытия к каждому клиенту представлены в табл. 3.

Таблица 3

Расчётное время обслуживания клиентов

Пункт маршрута	Расстояние до пункта, км	Время движения до пункта, ч	Время приезда в пункт		Объём заявки пункта, т	Время на разгрузку, мин.	Время выезда из пункта	
			часы	мин.			часы	мин.
0			8	00	1,49		8	30
15	1,5	0,045	8	33	0,01	6,03	8	39
20	4,8	0,14	8	48	0,03	8,09	8	56
23	0,54	0,016	8	57	0,1	15,3	9	12
4	4,7	0,14	9	20	0,02	7,06	9	27
11	2,3	0,069	9	31	0,15	20,45	9	52
22	0,12	0,004	9	52	0,01	6,03	9	58
1	4,4	0,13	10	6	0,58	64,74	11	11
13	0,07	0,002	11	11	0,29	34,87	11	46
32	1,5	0,045	11	49	0,3	35,9	12	25
0	11	0,33	12	45				
Итого	30,93	0,93			1,49	198 = 3,3 ч		

Анализируя данные табл. 2 и 3 можно сделать вывод, что полученные интервалы посещения магазинов не совпадают с интервалами, заявленными клиентами (табл. 2).

На следующем этапе необходимо решить задачу оптимального объезда магазинов с учётом временных окон, так как решение, полученное с учётом минимума суммарного пробега, не обеспечивает соблюдение графика обслуживания клиентуры.

Алгоритм решения задачи с временными окнами:

- кластеризация зоны на участки по принципу схожести желаемого времени обслуживания (входными данными является таблица временных окон);
- построение участков в порядке увеличения желаемого времени обслуживания (данная процедура позволяет определить очерёдность оптимизации маршрутов внутри участков);
- поиск оптимального решения задачи внутри участков методом перебора;
- расчёт суммарного времени опоздания (опоздание или прибытие в пункт обслуживания в пределах 15 минут допускается).

Разбив зону на участки по принципу желаемого времени обслуживания группируем магазины в порядке очерёдности обслуживания (табл. 4).

Таблица 4

Порядок очерёдности обслуживания для зоны 1

Участок	Временное окно	Пункты, включенные в участок
А	8.00-9.00	«32»
Б	9.00-10.00	«1», «22»
В	10.00-11.00	«4», «11»
Г	11.00-12.00	«20», «23», «15»
Д	–	«13»
Итого	5	9

Полученная оптимальная последовательность объезда магазинов с учётом временных окон представлена в табл. 5.

Таблица 5

Время обслуживания клиентов с учётом временных окон

Пункт маршрута	Расстояние до пункта, км	Время движения до пункта, ч	Время приезда в пункт		Объем заявки пункта, т	Время на разгрузку, мин.	Время выезда из пункта	
			часы	мин.			часы	мин.
0			8	00	1,49		8	30
32	11	0,33	8	50	0,3	35,9	9	26
1	1,6	0,048	9	29	0,58	64,74	10	34
22	4,4	0,13	10	42	0,01	6,03	10	48
11	0,12	0,0036	10	48	0,15	20,45	11	08
4	2,3	0,069	11	12	0,02	7,06	11	19
20	4,5	0,14	11	27	0,03	8,09	11	35
23	0,54	0,016	11	36	0,1	15,3	11	51
15	4,9	0,15	12	00	0,01	6,03	12	06
13	9,6	0,29	12	23	0,29	34,87	12	58
0	9,8	0,29	13	16				

Время опоздания в пункт «4» соответствует допустимому, с большим опозданием автомобиль прибывает в пункт «22» – 42 минуты. Длина полученного маршрута 48,76 км, то есть на 17,83 км больше, чем маршрут, составленный по критерию минимального суммарного пробега.

Таблица 6

Сравнение маршрутов, рассчитанных по разным критериям

Критерий	Последовательность объезда торговых точек	Общий пробег	Время на маршруте, ч	Суммарное время нарушения сроков поставки, ч
Минимум суммарного пробега	«0-15-20-23-4-11-22-1-13-32-0»	30,93	4,73	11,67
С учётом временных окон	«0-32-1-22-11-4-20-23-15-13-0»	48,76	5,3	0,7

Таким образом, при решении задачи коммивояжёра с учётом временных окон длина маршрута увеличилась на 57,6 %, но при этом время опоздания к клиентам сократилось на 94,0 % по сравнению с расчётом по критерию минимума пробега. Это позволяет улучшить качество обслуживания клиентов, но увеличивает транспортные расходы предприятия. То есть классический метод разработки рациональных развозочных маршрутов с точки зрения качества обслуживания потребителей транспортных услуг зачастую неприемлем при обслуживании торговых сетей городов.

Расчёт с учётом двух критериев позволяет транспортной фирме определить, что на данном этапе работы компании является приоритетным направлением: качество обслуживания клиента или минимизация издержек предприятия.

Список литературы

1. Житков В.А., Ким К.В. Методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок. – М.: Транспорт, 1982. – 134 с.
2. Миротин Л.Б., Гудков В.А., Зырянов В.В. и др. Управление грузовыми потоками в транспортно-логистических системах. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 704 с.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 69:728

З.С. Гайсина, А.Г. Гольцев, В.Ю. ЧернавинВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**ВНЕДРЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Создание 3D-модели производственного здания или сооружения будет способствовать решению ряда проблемных вопросов в сфере промышленной безопасности производственных объектов. Создание 3D-модели здания производства, заменяющей документацию объекта, в том числе проектно-сметную документацию и технический паспорт, даст возможность созданию полноценной базы данных для промышленных зданий.

Өндірістік ғимараттың немесе құрылыстың 3D-үлгісін құру өндірістік объектілердің өнеркәсіптік қауіпсіздігі саласындағы бірқатар проблемалық мәселелерді шешуге ықпал ететін болады. объектінің құжаттамасын, оның ішінде жобалық-сметалық құжаттаманы және техникалық паспортты ауыстыратын өндіріс ғимаратының 3D-моделін құру өнеркәсіптік ғимараттар үшін толық мәліметтер базасын құруға мүмкіндік береді.

The creation of a 3D model of an industrial building or structure will contribute to solving a number of problematic issues in the field of industrial safety of industrial facilities. The creation of a 3D model of the production building, replacing the documentation of the facility, including design estimates and technical passport, will make it possible to create a complete database for industrial buildings.

В соответствии с Законом Республики Казахстан №188-V «О гражданской защите» от 11 апреля 2014 года, организации, имеющие опасные производственные объекты и (или) привлекаемые к работам на них, обязаны проводить экспертизу технических устройств, зданий и сооружений, отработавших нормативный срок службы, для определения возможного срока их дальнейшей безопасной эксплуатации.

Разрешение на применение – это документ, удостоверяющий, что продукция, указанная в решении, отвечает требованиям промышленной безопасности Казахстана и может применяться и эксплуатироваться в Казахстане. Выдает данный документ Республиканское государственное учреждение «Комитет индустриального развития и промышленной безопасности Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан».

Обследование и диагностирование производственных зданий — процедура, направленная на выявление дефектов в конструкциях и определение технического состояния здания или сооружения. Оценка проводится с целью контроля за состоянием и выявления необходимости проведения ремонта или восстановительных работ.

В зависимости от технического состояния, продление эксплуатации здания, сооружения осуществляется на срок до прогнозируемого наступления предельного состояния (остаточный ресурс) или на определенный период (поэтапное продление срока эксплуатации) в пределах остаточного ресурса.

Работы по определению возможности продления сроков безопасной эксплуатации зданий и сооружений выполняют экспертные организации. При наличии организационно-технических возможностей (аттестованные лаборатории, персонал) работы по контролю технического состояния зданий и сооружений по согласованию с экспертной организацией допускается выполнять подразделению организации, что отражается в программе работ по продлению срока безопасной эксплуатации. Работы по реализации мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации зданий и сооружений на продлеваемый период в соответствии с требованиями промышленной безопасности выполняет организация, эксплуатирующая здания, сооружения.

Лаборатории неразрушающего контроля обеспечивают выполнение работ по неразрушающему контролю. Испытательные и аналитические лаборатории обеспечивают выполнение металлографических исследований, определение механических характеристик, оценку межкристаллитной коррозии, определение химического состава, испытания на прочность и другие виды испытаний,

предусматриваемые программами работ. Работы по определению остаточного ресурса технических устройств, зданий и сооружений, материалов проводятся экспертными организациями, имеющими в установленном порядке право проведения экспертизы, выполнения расчетов остаточного срока эксплуатации.

Работы по техническому диагностированию технических устройств, зданий и сооружений, материалов предусматривают:

- анализ эксплуатационной, конструкторской (проектной) и ремонтной документации;
- неразрушающий контроль;
- определение механических характеристик;
- металлографические исследования;
- определение химического состава материалов;
- оценку коррозии, износа и других дефектов;
- испытания на прочность и другие виды испытаний;
- расчетно-аналитические процедуры оценки и прогнозирования технического состояния, включающие: расчет режимов работы, установление критериев предельного состояния, исследование напряженно-деформированного состояния и выбор критериев предельных состояний; определение остаточного срока эксплуатации (до прогнозируемого наступления предельного состояния).

Для проведения экспертизы подразделение предприятия представляет:

- данные о предприятии и объекте экспертизы;
- проектную, конструкторскую, эксплуатационную, ремонтную документацию, декларацию промышленной безопасности опасного производственного объекта, паспорта технических устройств, технологические регламенты и другую документацию, имеющую необходимую для идентификации информацию;
- акты испытаний, сертификаты на комплектующие изделия, прочностные расчеты;
- образцы оборудования, производственные объекты для проверки соответствия требованиям промышленной безопасности.

Вся проектная и производственная техническая документация на эксплуатируемые и вновь построенные промышленные здания и сооружения, принятые приемочной комиссией к эксплуатации, хранится в техническом архиве организации как документация строгой отчетности.

Основные технические и технико-экономические данные о зданиях и сооружениях сосредотачиваются в двух документах: техническом паспорте на производственное здание и техническом журнале по эксплуатации здания.

Технический паспорт составляется на каждое капитальное здание и сооружение и является основным документом, содержащим конструктивную и технико-экономическую характеристику объекта и все основные сведения, необходимые в процессе его эксплуатации.

К сожалению, большая часть архивов документации потеряна, и проектные институты и предприятия закрыты в 90-х годах. Все это приводит к тому, что предприятиям за свой счет приходится восстанавливать утраченную документацию. Данный факт приводит к дополнительным материальным издержкам предприятия.

Вместе с тем, снижение требований и соответствующего контроля способствовали приходу на рынок экспертизы промышленной безопасности экспертных организаций, которые не соответствуют необходимым и достаточным требованиям проведения экспертизы промышленной безопасности, которые не имеют соответствующей базы и соответствующих специалистов, но берутся проводить экспертизу любой сложности.

В настоящее время имеется немалое количество небольших экспертных организаций, не имеющих лаборатории неразрушающего контроля, соответствующего оборудования, нормативно-методической базы с недостаточно квалифицированными специалистами, что влияет на качество работ по экспертизе промышленной безопасности. Недобросовестная конкуренция приводит к уходу с рынка, имеющих богатый опыт и авторитет, крупных экспертных организаций – лидеров рынка в разработке нормативной документации, научно-техническом развитии такой деятельности, как экспертиза промышленной безопасности, и решающих проблемы обеспечения промышленной безопасности на опасных производственных объектах.

Создание 3D-модели производственного здания или сооружения по результатам комплекса инженерных изысканий строительных конструкций и оборудования могло бы способствовать решению ряда проблемных вопросов в сфере промышленной безопасности производственных объектов [1,2]. Создание 3D-модели здания производства, заменяющей документацию объекта, в том числе проектно-сметную документацию и технический паспорт, даст возможность созданию полноценной базы данных для промышленных зданий, а также:

- 1) планировать техническое обслуживание и ремонт, включая контроль качества и сроки выполнения ремонтных работ;
- 2) управлять данными, полученными в результате мониторинга эксплуатационных характеристик;
- 3) эффективно управлять активами;
- 4) вести контроль за состоянием промышленного объекта при помощи автоматизированной системы мониторинга;
- 5) моделировать чрезвычайные ситуации и определять эффективные сценарии реагирования на них (в том числе выбор безопасных маршрутов эвакуации и т.п.).
- 6) вывести проведение экспертизы промышленной безопасности на новый уровень.

Технология информационного моделирования позволяет оперативно воссоздать исходное здание в формате 3D (рис. 1) и в автоматическом режиме получать ведомости и чертежи по объекту.

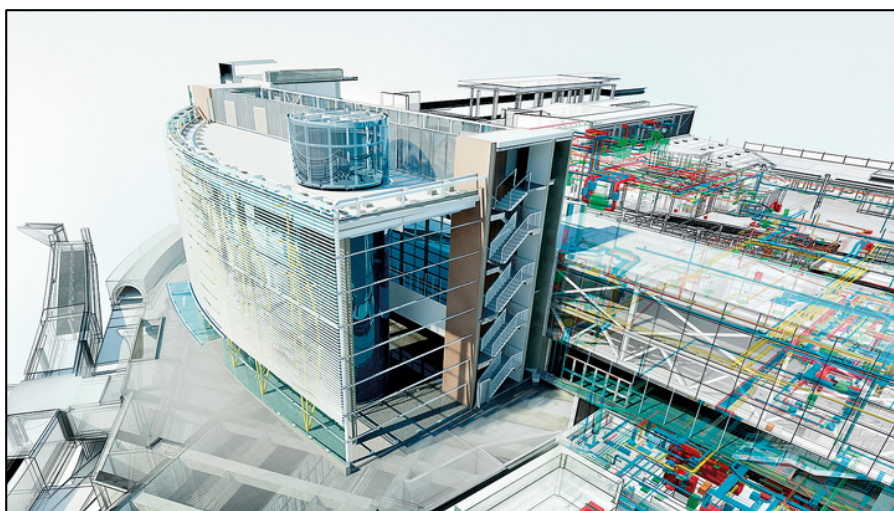


Рисунок 1 – 3D-модель здания

Впоследствии появится возможность осуществлять сотни различных проверок на базе единой трехмерной модели, которые невозможно выполнить при работе с разрозненными плоскими чертежами. Особенно это важно при разработке проектов реконструкции промышленных зданий.

В ближайшее время интерес к теме BIM со стороны проектировщиков промышленных объектов будет расти. Этому способствует поиск точек роста проектными и строительными компаниями, государственная поддержка технологии, практика, которую уже наработали отечественные предприятия и положительные результаты первых BIM-проектов.

В настоящее время, возможность практического применения информационного моделирования в строительной отрасли Казахстана активно продвигается Комитетом по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерством индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан.

Таким образом, построенная информационная 3D-модель становится основой моделирования любых процессов на протяжении всего жизненного цикла здания или сооружения. Сметная экономическая модель служит источником информации по объекту и каждый элемент может хранить описание со стоимостью элемента, его положением в пространстве, классификатором. Имея в

электронном виде нормативы на стоимость и время возведения конкретных конструкций, можно совместить две базы данных (по объекту и по нормам и расценкам) и получить удобный инструмент по формированию сметы прямых затрат.

Другими словами, формируется система мониторинга и эксплуатации здания, служащая хранилищем всех изменений и реконструкций. Эксплуатационная модель позволит эффективно осуществлять управление объектом, включая промышленную безопасность, текущий и плановый ремонт, реконструкцию, владельцу и службе эксплуатации производственного здания даст возможность иметь полный контроль над ситуацией на всех этапах жизненного цикла объекта.

Список литературы

1. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011.
2. Козлова Т.И. Информационная модель недвижимого объекта культурного наследия как новый инструмент работы в музеефикационной практике // Вестник Томского государственного университета. История. 2013, 3(23). – С. 33-37.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 528.37

А.Г. Гольцев, Т.Т. Ипалаков, К.Б. Хасенов

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

ВЫВЕРКА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДВУХЛУЧЕВЫМ ЛАЗЕРНЫМ ПРИБОРОМ

В статье предлагается способ выверки с использованием двухлучевого лазерного прибора при монтаже строительных конструкций и металлических резервуаров в вертикальной плоскости. Предлагаемый способ основан на авторских разработках.

Мақалада тік жазықтықта құрылыс құрылымдары мен металл резервуарларды монтаждау кезінде екі сәулелі лазерлік аспапты қолдану арқылы салыстырып тексеру әдісі ұсынылады. Ұсынылған әдіс авторлық әзірлемелерге негізделген.

The article proposes a method of reconciliation using a two-beam laser device during the installation of building structures and metal tanks in a vertical plane. The proposed method is based on authoring.

Ключевые слова: двухлучевой лазерный прибор, выверка, строительные конструкции, центрирование, вертикальные риски.

Разработка и внедрение прогрессивных методов и технических средств измерений являются актуальными проблемами, так как возрастающие объемы и сложность задач по строительству различных объектов требуют постоянного совершенствования средств геодезического обеспечения.

Для выполнения инженерно-геодезических работ выпускается большое количество лазерных приборов, из которых теодолиты с визуальной системой пользуются большим спросом при выверке строительных конструкций.

Применение лазерного теодолита с разверткой луча в вертикальной плоскости позволяет определить положение в плане и вертикальность конструкций методом бокового нивелирования. При этом обеспечивается непрерывный геодезический контроль положения монтируемого элемента, а наличие видимых линий и плоскостей, образуемых лучом и его разверткой, позволяет более точно вести сборку конструкций.

Но этот способ применяется в основном для ведения отделочных, сантехнических работ и монтаже приборов внутри помещения. Для выверки колонн и стеновых панелей промышленных и общественных зданий необходимо использовать другие приборы.

Точность измерений при работе с лазерными приборами в значительной степени зависит от диаметра пучка излучения, который изменяется в зависимости от расстояния его распространения. В зависимости от расстояния меняется и четкость его контуров.

Предлагаемый способ выверки конструкций в вертикальной плоскости позволяет использовать только один лазерный теодолит с двумя визирами [1,2]. Прибор состоит из двух визиров (рис. 1, 2), которые проецируют на рабочей поверхности одно световое пятно в вертикальной проектной плоскости.

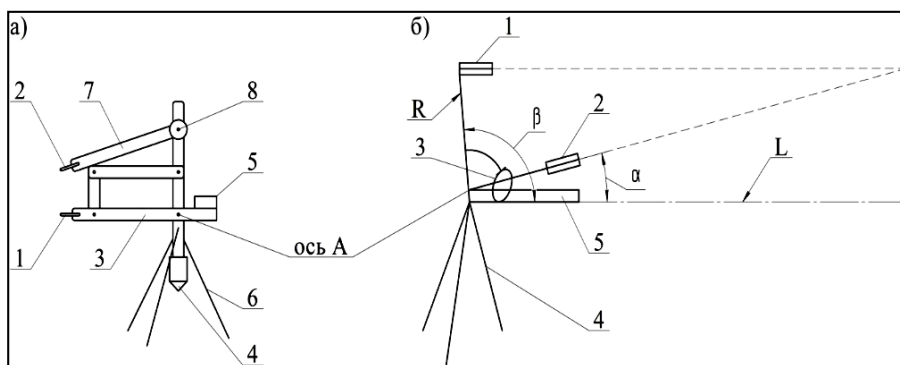


Рисунок 1 – Схема двухлучевого лазерного прибора для выверки строительных конструкций в вертикальной плоскости

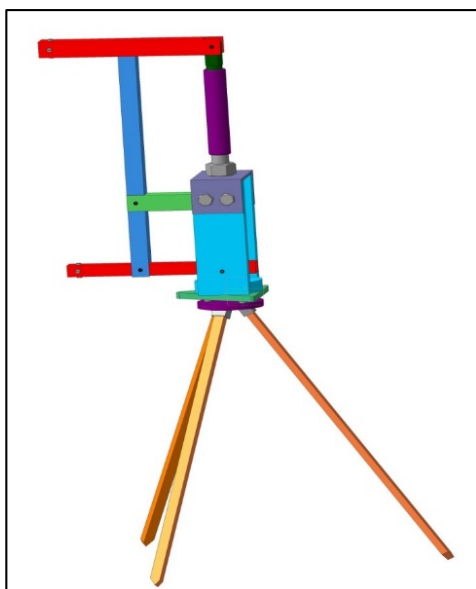


Рисунок 2 – Опытный образец, макет двухлучевого лазерного визира

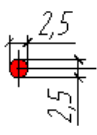
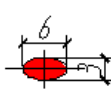
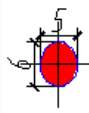
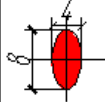
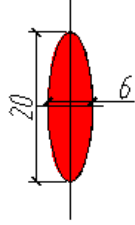
Обеспечение точности геометрических параметров – очень важный вопрос на любом строительстве. Чтобы обеспечить правильное и точное строительство существует система допусков. Допуски изменяются в зависимости от требуемого класса точности. Класс точности задаётся проектировщиками и конструкторами и обязательно должен быть зафиксирован в проектных документах.

Точность установки элементов сборных зданий и сооружений характеризуют допусками совмещения и отклонениями от совмещения ориентиров (точек, линий, поверхностей) и допусками симметричности и отклонениями от симметричности установки элементов.

С целью получения наложения лазерных лучей и определения возникших несовпадений, которые регламентируются в нормативах по допускам, был проведен эксперимент по определению размера лазерного пучка на определенных расстояниях. Приняв расстояния для измерения: 5 м, 10 м, 20 м, 30 м были определены соответствующие размеры лазерного пучка, которые появились на вертикальной плоскости.

Абсолютно любые пучки света, пространственно ограниченные по поперечным (по отношению к направлению распространения) координатам, подвержены «поперечному расплыванию» по мере распространения. Характерной особенностью лазерного излучения является, то что на минимальном расстоянии от прибора профиль луча имеет форму окружности, далее профиль пучка представляет собой эллипс, в зависимости от расстояния вертикально или горизонтально-ориентированный. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1
Размеры лазерного пучка, спроецированного на вертикальную плоскость, в мм

Расстояние от прибора до плоскости	1,5м	5м	10м	20м	30м
Размеры и вид лазерного пучка					

Далее был проведен анализ возможных вариантов видимости лазерных лучей на выверяемой поверхности и вычислена зависимость влияния расхождения или схождения лучей на положение конструкции. Для этого в качестве выверяемой конструкции была принята железобетонная колонна сечением 400х400, монтажная схема которой представлена на рис. 3.

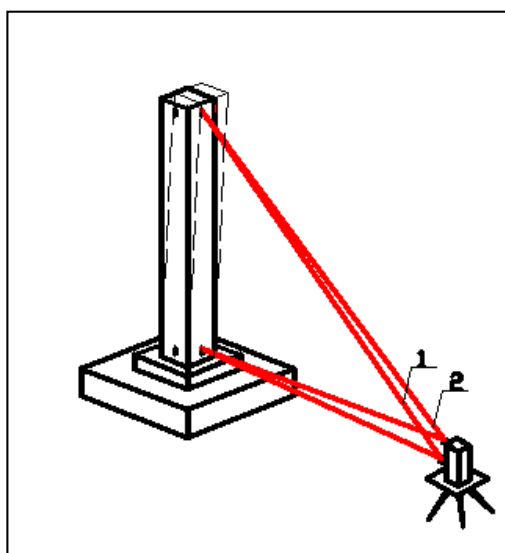


Рисунок 3 – Схема выверки колонны: 1, 2 – лазерные лучи

Схема для расчёта представлена на рис. 4.

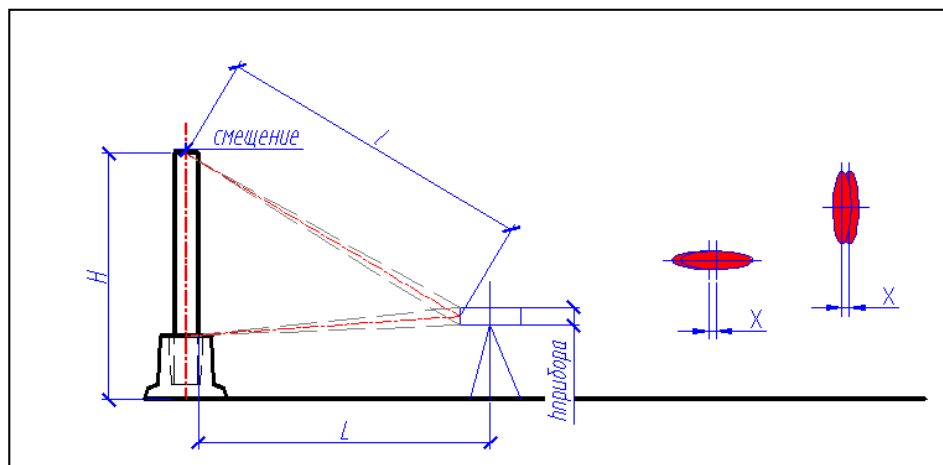


Рисунок 4 – Расчётная схема: H – высота монтируемого элемента; L , l – расстояние до монтируемого элемента; h прибора – высота прибора, 300 мм; x – вычисляемое расстояние между лазерными лучами

Предполагаем, что существует какое-то отклонение от проектной величины выверяемой конструкции, в этом случае на поверхности мы будем видеть два спроецированных луча с каким-то значением x между их осями.

Рассмотрев два варианта расположения лучей при неверном монтаже конструкции на разных расстояниях и основываясь на схеме расчета 3, прорисовываем каждое из положений и замеряем расстояния между лучами. Исходя из условия, что один из визирных лучей образует прямой угол 90° , получим, что два луча направленные на поверхность образуют прямоугольный треугольник. В этом случае из подобия треугольников, зная расстояние до конструкции, угол и расстояние между лучами, вычисляем отклонения, значения которых сводим в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчёта отклонений лазерных лучей

L-расстояние от прибора до выверяемой к-и	5м	10м	20м	30м
Варианты пересечения лучей				
Отклонение от оси	+10см +5см +2,5см	+8,3см +16,6см	+13,3см +26см	+60см +30см

Из графического анализа видно, что отклонения, получаемые при данных расположениях двух лучей, не соответствуют стандартам, следовательно, такие расхождения являются недопустимыми. Поэтому в ходе выверки необходимо стремиться к полному наложению одного луча на другой луч, как показано на рис. 5.

В результате дальнейших расчетов были получены данные представленные в табл. 3.

Согласно данным СнИПа отклонение от совмещения ориентиров (риски геометрических осей) в верхнем сечении колонн многоэтажных зданий с рисками разбивочных осей при длине колонн до 4 м составляет 12 мм, свыше 4 до 8 м – 15 мм.

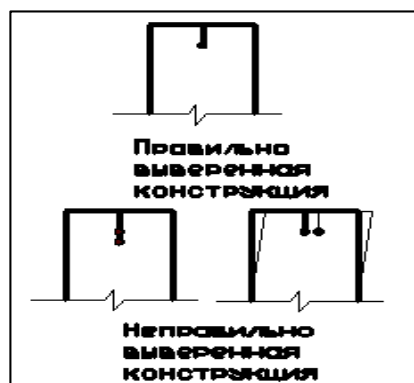


Рисунок 5 – Наглядность выверки конструкций с использованием двухлучевого лазерного визира

Таблица 3

Допустимые результаты положения лучей

<i>L</i> – расстояние от прибора до выверяемой к-и	5м	10м	20м	30м
Отклонение от оси				
$\pm 0,5\text{см}$				
$\pm 1\text{см}$				
$\pm 2\text{см}$				

Согласно табл. 3 можно сделать вывод [3], что использование двухлучевого лазерного визира вписывается в приведенные значения с условием практического совмещения двух лучей.

Таким образом, в ходе эксперимента была выявлена зависимость между расстоянием фокусировки и диаметром лазерного пучка. В результате можно сделать вывод, что не рекомендуется вести выверку конструкций на расстоянии более 50 м, в связи с увеличением диаметра луча и уменьшением точности монтажа. При этом применение двухлучевого лазерного визира наиболее эффективно при выполнении ремонтно-строительных работ, особенно в цехах производственных зданий и на строительном-монтажных площадках даже в темное время методом «на себя».

Список литературы

1. Пат. РК на полезную модель №614. Устройство для контроля формы и расположения плоских поверхностей / Гольцев А.Г., Курмангалиев Т.Б.; заявка № 2009/049.2.
2. Пат. РК на полезную модель №615. Устройство для контроля формы и расположения плоских поверхностей / Гольцев А.Г., Курмангалиев Т.Б.; заявка № 2009/050.2.
3. Гольцев А.Г., Ипалаков Т.Т., Большаков Д.В. Способ выверки строительных конструкций лазерным прибором в вертикальной плоскости при монтаже // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Международный научный конгресс. Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдеология»: Сб. материалов в 2 т. – Т.1. – Новосибирск: СГГА, 2014. – С. 98-103.

Получено 07.02.2020

MFTAA 55.53.39

М.В. Дудкин, Д.Е. Елемес, М.С. Серікқазы

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

ҚОСЫМША ҚОЗДЫРҒЫШ ЭЛЕМЕНТТЕРМЕН ДІРІЛ ЕЛЕКТІҢ ҰТЫМДЫ РЕЖИМДЕРІН НЕГІЗДЕУ

Мақалада авторлар жалпақ електе стандартты електеумен салыстырғанда, елеу процесінің өнімділігін арттыруды қамтамасыз ететіндігі туралы теориялық алғышарттарды растайтын тәжірибелік зерттеулердің нәтижелерін келтіреді.

В статье авторы приводят результаты экспериментальных исследований подтверждающие теоретические предпосылки о том, что дополнительное возбуждение материала на сите, при сравнении со стандартным грохочением на плоском сите, обеспечивает повышение производительности процесса грохочения.

In the article, the authors present the results of experimental studies that confirm the theoretical assumptions that additional excitation of the material on the screen, when compared with standard screening on a flat screen, provides an increase in the productivity of the screening process.

Түйін сөздер: діріл елек, електеу, қоздырғыш элементтер, електеу өнімділігі.

Қолданыстағы дірілді електерге електеу тиімділігін арттыру үшін және оның өтпелі фракциясына жылдам жету үшін сусымалы материалдарды електеу қабатына қосымша мәжбүрлеп араластыру талап етіледі. Көбінесе, материал елек арқылы өту кезінде сұрыптауға үлгермейді және оны қайтадан жылдамдықты төмендете отырып елеуге немесе електің ұзындығын, не болмаса елеу уақытын арттыруға тура келеді. Аталған іс-шаралар қосымша шығындарға әкеледі.

Үлкен көлемді бөлшектер електеу кезінде (төмен меншікті беті бар) електегі материал қабаты орташа өлшемді бір немесе бірнеше бөліктерді құрауы мүмкін. Барлық бөлшектер елеуішке тікелей жақын орналасқан және оның өтпелі бөлшектерінің өтуінің тиімділігі олардың мөлшері мен елеуіш тесігінің өлшеміне ғана байланысты.

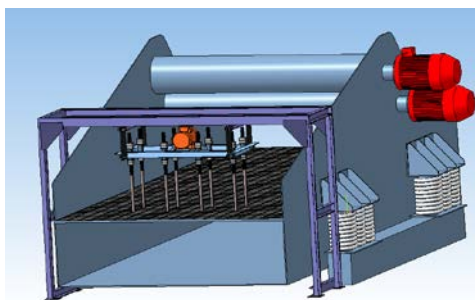
Ұсақ бөлшектерді (жоғары меншікті беті бар) бөлу кезінде електің үлкен талап етілетін бетіне байланысты елеу беті бойынша жұқа қабатпен материалды бөлу мүмкін емес және материалды електерге салыстырмалы түрде қалың қабатпен беруге тура келеді. Бұл ретте өтпелі бөлшектер елеу бетіне жету үшін біраз уақыт қажет және бұл уақыт өтпелі бөлшектерді шығару кинетикасының қалыптасуында анықтаушы болуы мүмкін, яғни електің өнімділігін анықтайды. Бұдан басқа, бөліктердің елеу бетіне қозғалуы үшін олардың қабаттағы қозғалуын қамтамасыз ету қажет, яғни материалды елеу беті жағынан материалға дірілдеуді пайдаланады. Осылайша, бұл процестің физикалық мазмұны өтпелі бөлшектердің елеу бетіне шығу мүмкіндігімен дірілдетілген материалдың қабатындағы бөлшектердің кездейсоқ ауысуы болып табылады. Барлық өтпелі бөлшектердің елеу бетіне толық шығуы елеу кинетикасын анықтайды. Басқаша айтқанда, елеу процесі екі фазаға бөлінеді: төменгі класты материал дәндерінің електерге бүкіл қабат арқылы өтуі және електен материал дәндерінің өтуі. Сусымалы материалға динамикалық әсердің жоғарылауы електеудің бірінші фазасын едәуір жақсартады. Нәтижесінде, елеу процесінің өнімділігі артады. Біз ұсынған техникалық шешім елеу, бірінші фазасын жеделдетуге бағытталған.

Зерттеу нәтижесінде әртүрлі модификациядағы дірілді електер әзірленді және жасалды, яғни серпімді тіректерге орнатылған електі қорап, діріл қоздырғыш және електің жоғарғы жағына орнатылған қоздырғыш элементтер және бұл элементтер рамада бекітілген өзек түрінде орнатылған (1-сурет). Бұл ретте қоздырғыш элементтер жылжымалы және жабдықталған жетек, сондай-ақ қозғалмайтын және алмалы-салмалы болуы мүмкін.

Бұл шешім патенттелген.

Електеудің ең тиімді режимін анықтау үшін бастапқыда діріл електерінің эксперименталды моделінің жұмысына зерттеу жүргізілді.

Өлшеу барысында амплитудасы (1-кесте) және тербеліс жиілігі (2-кесте) өзгерді.



1-сурет – Қосымша қоздырғыш элементтері бар діріл елек

1-кесте

Електің тербеліс амплитудасының жоғарғы класты ластануына әсері

A, мм	3	2,95	2,9	2,85	2,8	2,75	2,7	2,65	2,6	2,55	2,5	2,45	2,4	2,35	2,3	2,25	2,2	2,15	2,1	2
Zв, %	9,91	9,78	9,5	9,31	9	8,85	8,63	8,61	8,45	8,2	7,6	7,21	6,2	5,76	5,6	5,5	5,12	4,75	4,7	4,66

1-кестенің соңы

A, мм	1,95	1,9	1,85	1,8	1,75	1,7	1,65	1,6	1,55	1,5	1,45	1,4	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	0,75
Zв, %	4,73	4,8	4,9	5,56	5,87	5,9	6	6,12	6,25	6,7	7,71	7,9	8,23	8,5	9,6	9,98	10,12	10,56	11,1

2-кесте

Електің тербеліс жиілігінің жоғарғы класты ластануына әсері

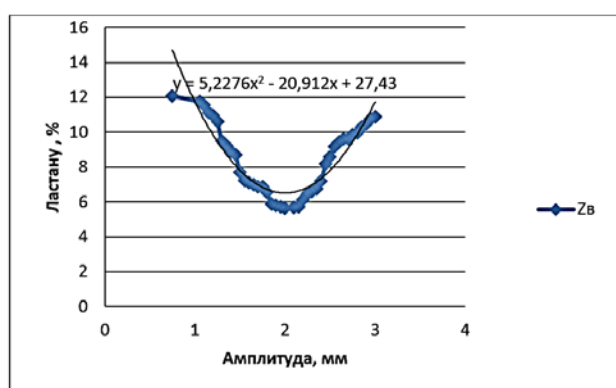
v, Гц	8	8,9	9,8	10,7	11,6	12,5	13,4	14,3	15,2	15,3	16,1	17	17,9	18,8	19,7	20,6	21,5	22,4	23,3	24,2
Zв, %	9,79	9,66	9,38	9,19	8,88	8,73	8,51	8,49	8,33	8,37	8,08	7,48	7,09	6,08	5,64	5,48	5,38	5	4,63	4,58

2-кестенің соңы

v, Гц	25	25,9	26,8	27,7	28,6	29,5	30,4	31,3	32,2	33,1	34	34,9	35,8	36,7	37,6	38,5	39,4	40,3	41,2	42,1	50
Zв, %	4,54	4,61	4,68	4,78	5,44	5,75	5,78	5,88	6	6,13	6,58	7,59	7,78	8,11	8,38	9,48	9,86	10	10,44	10,64	10,98

Эксперименттер нәтижесінде 2-суретте келтірілген нәтижелер алынды.

Жүргізілген эксперименталдық зерттеулерге сәйкес ластанудың ең аз деңгейі тербеліс амплитудасы 2 мм және ластануы 4,54 %, тербеліс жиілігі 25 Гц болған кезде 4,66 %-ды құрағаны анықталды.



2-сурет – Жоғарғы класты ластануының тербеліс амплитудасынан тәуелділік кестесі

Корреляциялық талдау нәтижесінде елеуіш тербелісінің амплитудасынан ластану тәуелділігінің теңдеуін аламыз:

$$y = 5,277x^2 - 20,91x + 26,43, \quad (1)$$

мұндағы y – жоғарғы фракциямен елеуіштің ластануын білдіретін ізделетін функция; x – елек тербелісінің айнымалы амплитудасы.

Дисперсиялық талдау әдісін пайдалана отырып, алынған модельдің жарамдылығын анықтаймыз. Модельдің сапасын бағалайтын критерийлер ретінде төрт көрсеткішті пайдаланамыз: абсолютті қателік ($S_{\text{отм}}$), детерминация коэффициенті (D), корреляция индексі (I), Фишер өлшемі ($F_{\text{расч}}$).

Жоғарғы класты елеудің орташа нақты ластануын табамыз:

$$Z_{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^{40} Z_{\phi}}{40}; \quad (2)$$

$$Z_{\text{cp}} = 7,646$$

Бұдан әрі есептеулерге ыңғайлы болу үшін 3-кестені толтырамыз:

Z_{ϕ} бастапқы деректер жиынтығының 40 еркіндік дәрежесі бар ($n = 40$); Z_p есептік деректер жиынтығының 3 еркіндік дәрежесі бар ($v=3$); Z_{cp} жиынтығының 1 еркіндік дәрежесі бар.

Демек, жиынтықтың ($Z_{\phi} - Z_{\text{cp}}$) 39 еркіндік дәрежесі бар; ($Z_p - Z_{\text{cp}}$) 2 еркіндік дәрежесі бар; ($Z_{\phi} - Z_p$) 37 еркіндік дәрежесі бар.

3-кесте

Елек тербелісінің амплитудасы вариация кезіндегі бірфакторлы эксперименттің коэффициенттері

A, мм	Z (Ф)	Z (P)	(Z _ф -Z _{cp}) ²	(Z _p -Z _{cp}) ²	(Z _ф -Z _p)	(Z _ф -Z _p) ²
1	2	3	4	5	6	7
3	9,91	9,752	5,974358	5,226939	0,158	0,024964
2,95	9,78	9,2412	5,355753	3,152205	0,538805	0,290311
2,9	9,5	8,75658	4,138173	1,666242	0,74342	0,552673
2,85	9,31	8,29816	3,401258	0,692898	1,011845	1,02383
2,8	9	7,86592	2,353923	0,160136	1,13408	1,286137
2,75	8,85	7,45988	1,916148	3,45E-05	1,390125	1,932448
2,7	8,63	7,08002	1,355478	0,148788	1,54998	2,402438
2,65	8,61	6,72636	1,309308	0,546705	1,883645	3,548118
2,6	8,45	6,39888	0,968748	1,138212	2,05112	4,207093
2,55	8,2	6,0976	0,539123	1,871848	2,102405	4,420107
2,5	7,6	5,8225	0,018023	2,700271	1,7775	3,159506
2,45	7,21	5,5736	0,065408	3,580251	1,636405	2,677821
2,4	6,2	5,35088	1,602123	4,472675	0,84912	0,721005
2,35	5,76	5,15436	2,909583	5,342547	0,605645	0,366806
2,3	5,6	4,98402	3,481023	6,158984	0,61598	0,379431
2,25	5,5	4,83988	3,864173	6,89522	0,660125	0,435765
2,2	5,12	4,72192	5,502543	7,528603	0,39808	0,158468
2,15	4,75	4,63016	7,375298	8,040599	0,119845	0,014363
2,1	4,7	4,56458	7,649373	8,416787	0,13542	0,018339

3-кестенің соңы

1	2	3	4	5	6	7
2	4,66	4,512	7,872233	8,724639	0,148	0,021904
1,95	4,73	4,525	7,484328	8,64804	0,205005	0,042027
1,9	4,8	4,56418	7,106223	8,419108	0,23582	0,055611
1,85	4,9	4,62956	6,583073	8,044002	0,270445	0,07314
1,8	5,56	4,72112	3,631883	7,532994	0,83888	0,70372
1,75	5,87	4,83888	2,546418	6,900472	1,031125	1,063219
1,7	5,9	4,98282	2,451573	6,164941	0,91718	0,841219
1,65	6	5,15296	2,148423	5,349021	0,847045	0,717485
1,6	6,12	5,34928	1,811043	4,479445	0,77072	0,594009
1,55	6,25	5,5718	1,478048	3,587066	0,678205	0,459962
1,5	6,7	5,8205	0,586373	2,706848	0,8795	0,77352
1,45	7,71	6,0954	0,059658	1,877873	1,614605	2,606949
1,4	7,9	6,39648	0,188573	1,143338	1,50352	2,260572
1,35	8,23	6,72376	0,584078	0,550557	1,506245	2,268774
1,3	8,5	7,07722	1,069673	0,150956	1,42278	2,024303
1,25	9,6	7,45688	4,555023	7,88E-05	2,143125	4,592985
1,2	9,98	7,86272	6,321453	0,157585	2,11728	4,482875
1,15	10,12	8,29476	7,045043	0,687249	1,825245	3,331519
1,1	10,56	8,75298	9,574383	1,656961	1,80702	3,265321
1,05	10,76	9,2374	10,85208	3,138726	1,522605	2,318326
0,75	11,1	12,6939	13,20777	27,33329	-1,59388	2,540438

Енді дисперсияны анықтауға болады:

$$S_{СИСТ}^2 = \frac{\sum (Z_{\phi} - Z_{cp})^2}{39} = \frac{156,937}{39} \approx 4,024; \quad (3)$$

$$S_{МОД}^2 = \frac{\sum (Z_p - Z_{cp})^2}{2} = \frac{174,993}{2} \approx 87,497; \quad (4)$$

$$S_{Осм}^2 = \frac{\sum (Z_{\phi} - Z_p)^2}{37} = \frac{62,658}{37} \approx 1,693. \quad (5)$$

Абсолюттік қателік:

$$S_{Осм} = \sqrt{S_{Осм}^2} = \sqrt{1,693} \approx 1,301. \quad (6)$$

Детерминация коэффициенті:

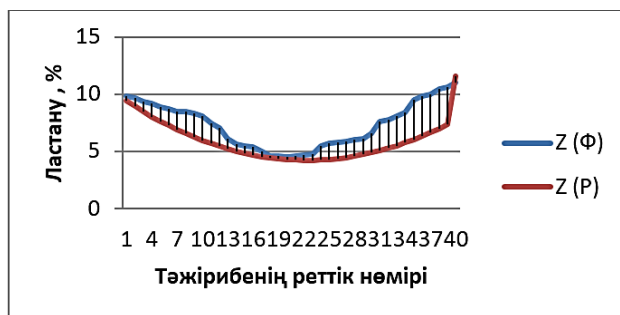
$$D = 1 - \frac{S_{Осм}^2}{S_{СИСТ}^2} = 1 - \frac{1,693}{4,024} \approx 0,579. \quad (7)$$

Корреляция индексі:

$$I = \sqrt{D} = \sqrt{0,579} = 0,76. \quad (8)$$

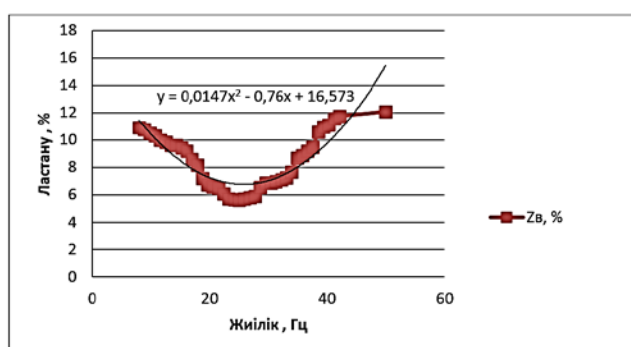
Фишер өлшемі:

$$F_{рас} = \frac{S_{МОД}^2}{S_{Осм}^2} = \frac{87,97}{1,693} \approx 51,961. \quad (9)$$



3-сурет – Електің тербеліс амплитудасының түрленуі кезіндегі нақты және есептік ластануының салыстырмалы кестесі

Қорытынды. Модель сапасы қолайлы (3-сурет), өйткені корреляция индексі 0,7-ден көп және Фишердің есептік өлшемі осы жағдай үшін кестедегі өлшемнен көп ($F_{\text{таб}} = 9,28$). Осыған ұқсас түрде бір факторлы үлгінің парапарлығын өлшейміз (4-сурет).



4-сурет – Жазарғы класты ластануының елеуіштің тербеліс жиілігіне тәуелділік кестесі

Үлгіні парапарлыққа тексеру үшін 4-кестені толтырамыз.

4-кесте

Елек тербелісінің жиілігін вариациялау кезіндегі бірфакторлы эксперименттің коэффициенттері

V, Гц	Z (Ф)	Z (P)	(Zф-Zcp)2	(Zp-Zcp)2	(Zф-Zp)	(Zф-Zp)2
1	2	3	4	5	6	7
8	9,79	9,388	5,402138	3,695045	0,402	0,161604
8,9	9,66	8,91604	4,814733	2,103341	0,74396	0,553476
9,8	9,38	8,46676	3,664353	1,002021	0,91324	0,834007
10,7	9,19	8,04016	2,973038	0,329947	1,14984	1,322132
11,6	8,88	7,63624	2,000103	0,029067	1,24376	1,546939
12,5	8,73	7,255	1,598328	0,044416	1,475	2,175625
13,4	8,51	6,89644	1,090458	0,324114	1,61356	2,603576
14,3	8,49	6,56056	1,049088	0,819369	1,92944	3,722739
15,2	8,33	6,24736	0,746928	1,484474	2,08264	4,337389
16,1	8,08	5,95684	0,377303	2,276809	2,12316	4,507808
17	7,48	5,689	0,000203	3,156841	1,791	3,207681

4-кестенің соңы

1	2	3	4	5	6	7
17,9	7,09	5,44384	0,141188	4,08812	1,64616	2,709843
18,8	6,08	5,22136	1,920303	5,037286	0,85864	0,737263
19,7	5,64	5,02156	3,333363	5,974065	0,61844	0,382468
20,6	5,48	4,84444	3,943203	6,871266	0,63556	0,403937
21,5	5,38	4,69	4,350353	7,704788	0,69	0,4761
22,4	5,32	4,55824	6,079923	8,453614	0,44176	0,195152
23,3	5,29	4,44916	8,041478	9,099815	0,18084	0,032703
24,2	5,21	4,36276	8,327553	9,628547	0,21724	0,047193
25	5,0	4,305	8,560013	9,990341	0,235	0,055225
25,9	5,17	4,26144	8,155308	10,2676	0,34856	0,121494
26,8	5,19	4,24056	7,760403	10,40185	0,43944	0,193108
27,7	5,27	4,24236	7,213253	10,39024	0,53764	0,289057
28,6	5,44	4,26684	4,103663	10,23303	1,17316	1,376304
29,5	5,75	4,314	2,943798	9,933528	1,436	2,062096
30,4	5,78	4,38384	2,841753	9,498169	1,39616	1,949263
31,3	5,88	4,47636	2,514603	8,936453	1,40364	1,970205
32,2	6	4,59156	2,148423	8,260968	1,40844	1,983703
33,1	6,13	4,72944	1,784228	7,487392	1,40056	1,961568
34	6,58	4,89	0,784553	6,634488	1,69	2,8561
34,9	7,59	5,07324	0,015438	5,724104	2,51676	6,334081
35,8	7,78	5,27916	0,098753	4,781176	2,50084	6,254201
36,7	8,11	5,50776	0,415058	3,833725	2,60224	6,771653
37,6	8,38	5,75904	0,835853	2,912859	2,62096	6,869431
38,5	9,48	6,033	4,057203	2,052773	3,447	11,88181
39,4	9,86	6,32964	5,732433	1,290746	3,53036	12,46344
40,3	10	6,64896	6,422423	0,667146	3,35104	11,22947
41,2	10,44	6,99096	8,846163	0,225426	3,44904	11,89588
42,1	10,64	7,35564	10,07586	0,012124	3,28436	10,78702
50	10,98	11,53	12,34995	16,51813	-0,55	0,3025

Електің тербеліс жиілігіне тәуелділік теңдеуі мынандай түрге ие:

$$y = 0,014x^2 - 0,76x + 15,57, \quad (10)$$

мұндағы y – жоғарғы фракциямен елеуіштің ластануын білдіретін ізделетін функция; x – елек тербелісінің айналы жиілігі.

Дисперсияны анықтаймыз:

$$S_{СИСТ}^2 = \frac{\sum (Z_{\phi} - Z_{cp})^2}{39} = \frac{270,621}{39} \approx 6,939, \quad (11)$$

$$S_{МОД}^2 = \frac{\sum (Z_p - Z_{cp})^2}{2} = \frac{212,175}{2} \approx 106,088, \quad (12)$$

$$S_{ОСМ}^2 = \frac{\sum (Z_{\phi} - Z_p)^2}{37} = \frac{129,565}{37} \approx 3,502. \quad (13)$$

Абсолюттік қателік:

$$S_{ОСМ} = \sqrt{S_{ОСМ}^2} = \sqrt{3,502} \approx 1,871. \quad (14)$$

Детерминация коэффициенті:

$$D = 1 - \frac{S_{ОСМ}^2}{S_{СИСТ}^2} = 1 - \frac{3,502}{6,939} \approx 0,496. \quad (15)$$

Корреляция индексі:

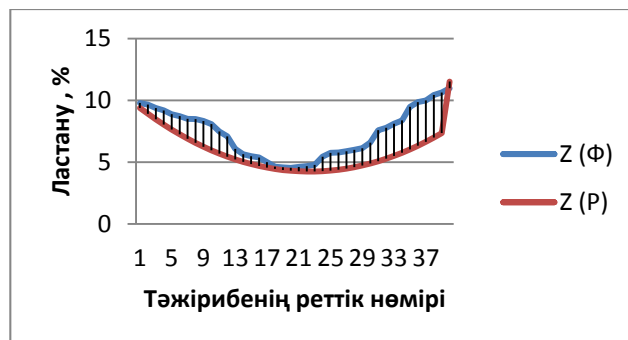
$$I = \sqrt{D} = \sqrt{0,496} = 0,704. \quad (16)$$

Фишер өлшемі:

$$F_{Pac} = \frac{S_{МОД}^2}{S_{ОСМ}^2} = \frac{106,088}{3,502} \approx 30,294. \quad (17)$$

Қорытынды. Модель сапасы қолайлы (5-сурет), өйткені корреляция индексі 0,7-ден көп және Фишердің есептік өлшемі осы жағдай үшін кестедегі өлшемнен көп ($F_{таб} = 9,28$).

Осылайша, қоздырғыш элементтерсіз дірілді електегі эксперименталды зерттеулердің нәтижелері бойынша ең тиімді діріл електеу режимі – $A = 2$ мм амплитудасында және $V = 25,0$ Гц жиілігінде (осы параметрлер кезінде сусымалы материал 1,42 минутта електен өтеді), ол кезде жоғарғы сыныптың ластануы – ең аз $Z_{\phi} = 5$ % екені анықталды. Тиісінше, ең тиімді елеу жүйесі анықталды.



5-сурет – Електің тербеліс жиілігінің өзгеруі кезіндегі нақты және есептік ластануының салыстырмалы кестесі

Әдебиеттер тізімі

1. Вавилов А.В. Спиральный вибрационный грохот: автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.02.13. – Белгород, 2001. – 23 с.
2. Ким А.И., Дудкин М.В., Вавилов А.В., Гурьянов Г.А. Метод интенсификации процесса грохочения сыпучих материалов // М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясының хабаршысы = Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – Алматы, 2017. – №2. – С. 83-89. фот. – Библиогр. в конце ст.

3. Елемес Д.Е. Спиральные вибрационные грохоты. – Алматы: КазНТУ, 2010. – 126 с.
4. Вавилов А.В., Елемес Д.Е., Коробова О.А., Ликунев А.В. Процесс грохочения со сложным возбуждением материала на плоских инерционных грохотах // Научный прогресс на рубеже тысячелетий: матер. II науч.-практ. конф. Технические науки. – Днепропетровск: Наука и образование, 2007. – Т. 14. – С. 9-11.

Қабылданды 07.02.2020

МРНТИ 73.31

А.А. Егоров

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССА ВОСПЛАМЕНЕНИЯ СМЕСИ В РЕАЛЬНОМ ЦИКЛЕ ДВС

В статье рассматривается вариант физико-математической модели высокотемпературного окисления бензо-воздушной смеси в условиях камеры сгорания ДВС с воспламенением от электрического разряда. В основу модели положено определение параметров процесса воспламенения смеси и переноса зоны горения. Приведены примеры расчетной скорости перемещения фронта пламени и результаты экспериментальных исследований.

Мақалада электр разрядынан жанатын ДВС жану камерасы жағдайында бензо-ауа қоспасының жоғары температуралы тотығуының физикалық-математикалық моделінің нұсқасы қарастырылады. Модельдің негізіне қоспаның тұтану процесінің параметрлерін анықтау және жану аймағын ауыстыру жатады. Жалын фронтының жылжуының есептік жылдамдығының мысалдары және эксперименталды зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

The article deals with a variant of the physical and mathematical model of high-temperature oxidation of the benzo-air mixture in the combustion chamber of the internal combustion engine with ignition from an electric discharge. The model allowed determination of the parameters of the process of ignition of the mixture and transferring the combustion zone. Examples of the calculated velocity of the flame front and the results of experimental studies are given.

Ключевые слова: давление, температура, скорость пламени, зона горения.

На современном этапе большая часть научных работ направлена на разработку и внедрение информационно-электронных систем, обеспечивающих контроль и управление за параметрами работы двигателя путем корректировки внешних режимных факторов, обеспечивающих стабилизацию рабочего процесса. Так, корректировка повышенного содержания оксида углерода легко устраняется путем снижением порции впрыска топлива, появление детонационного сгорания – путем корректировки угла опережения зажигания.

Такие манипуляции контроля надо признать положительными, этим обеспечивается устранение нежелательных явлений и перегрузок в элементах силового агрегата. Но такого рода корректировки не окажутся оптимальными к обеспечению высоких топливно-энергетических показателей по использованию энергетического потенциала топливно-воздушного заряда. Так, смещение угла опережения зажигания влечет дополнительные потери тепловой энергии, незаметное снижение мощности и крутящего момента, увеличение расхода топлива.

Для разработки новых и внедрения перспективных решений требуется более глубокое понимание внутренних процессов воспламенения, распространения пламени и протекания тепловыделения.

Перспективным решением в области проведения научных работ является формирование физико-математических моделей и расширение исследований внутренних явлений [1].

Анализ литературных материалов по исследованию явлений в процессе сгорания, выполненных ранее под руководством А.С. Соколика, В.П. Карпова и ученых зарубежных стран, остаются актуальными и позволяют сформировать основные положения математического обеспечения для углубленного изучения этих явлений:

1. Сгорание углеводородных смесей представляет собой сложный физико-химический процесс высокотемпературного окисления.

2. Сгорание топливно-воздушных смесей в условиях камеры сгорания ДВС происходит в условиях турбулентного состояния рабочего заряда.

3. Основными источниками развития и расширения зоны реакции является тепловой и автокаталитический процесс образования и выброса активных частиц промежуточного окисления.

Параметром, определяющим характер протекания процессов распространения пламени и реакции окисления, будем считать текущее значение температуры горения смеси $T_z = t_z + 273$. За ее значением будем следить используя уравнение первого закона термодинамики. Применительно к реальному циклу ДВС уравнение принимает вид:

$$\zeta_z Hu_{\text{раб.см}} + (mc'_v)_{t_0}^{t_c} \cdot t_c = \mu_o \cdot (mc''_v)_{t_0}^{t_z} \cdot t_z, \quad (1)$$

где (mc''_v) – средняя изохорная молярная теплоемкость газовой смеси.

Согласно работам [2,3] модельной реакцией горения углеводородов принята реакция горения водорода. При накоплении атомов кислорода – О, радикалов – ОН и атомов водорода – Н реакция пойдет по направлению $H + O_2 = OH + O$ с пониженным уровнем энергии активации. Среднее значение активации реакции для углеводородов $E_{\text{акт}}$ составляет 60 – 70 кДж.

Определение скорости химической реакции окисления углеводородно-воздушных смесей хорошо описывает уравнение Г.И. Козлова для высокотемпературного окисления метана [4].

С учетом выражений, отражающих концентрацию компонентов и температурной зависимости, уравнение скорости химической реакции окисления принимает вид:

$$W_{x.p.} = \frac{4,2 \cdot 10^{11} \cdot (0,21 \cdot \alpha \cdot L_0)^{n_o} \cdot T_z^{-0,5}}{\mu_{\text{т}}^{\frac{n_{\text{т}}}{n_{\text{т}}-1}} \left(\frac{1}{\mu_{\text{т}}} + \alpha \cdot L_0 \right)^{n_{\Sigma}} \cdot (1 + \gamma_r)^{n_{\Sigma}}} \cdot e^{-\frac{E_{\text{ак}}}{\mu_{\text{т}} RT}}. \quad (2)$$

Для определения нормальной скорости горения в рабочей модели принято уравнение Б. Я. Зельдовича и Д.А. Франк-Каменецкого [5].

После расшифровки и уточнения параметров, характерных для условий протекания реакции в условиях двигателя, уравнение принимает вид:

$$U_T = U_H = \sqrt{\frac{0,112 \cdot 10^{-8} \cdot c_p^2 \cdot (1 + \gamma_r)^3}{(Hu - \Delta Hu_{\text{хим}} - \Delta Hu_{\text{дс}})^3 \cdot (T_z + 118) P_{\text{см}} \cdot \sqrt{T_z}} \cdot \frac{R_{\text{см}} T_{\text{см}}}{E} \cdot \left(\frac{\mu R \cdot T_z^2}{E} \right)^3} \cdot w_{x.p.}. \quad (3)$$

При определенных физико-химических условиях текущего состояния процесс горения принимает турбулентный характер. Турбулентное состояние среды и насыщение зоны горения промежуточными соединениями обеспечивают условия для усиления турбулентно-диффузионных процессов переноса активных центров как в среде крупных локальных образований исходной смеси, так и в среде соединений промежуточного окисления.

По мере развития зоны горения, под действием диффузионных процессов и текущего газодинамического состояния, складываются иные условия и изменения механизма, определяющего физический процесс перемещения зоны горения или процесса распространения пламени.

Температурное состояние и повышенная концентрация промежуточных продуктов окисления на переднем фронте зоны горения, с учетом турбулентных перемещений, позволяет активизировать насыщение смежных слоев смеси активными радикальными соединениями. Итогом является расширение зоны реакции и генерация новых очагов горения.

Каждая из частиц промежуточного окисления на момент ее появления представляет собой индивидуальный очаг, способный или неспособный поддержать процесс физического высокотемпературного окисления.

Природное родство и физическая взаимосвязь этих процессов определяет текущее состояние рабочего заряда с учетом изменения геометрических размеров зоны конечных продуктов сгорания, зоны горения и зоны свежей рабочей смеси.

В соответствии со складывающимися условиями, скорость распространения пламени и расширение зоны горения будет определяться интенсивностью диффузионных процессов в турбулентной среде [6]:

$$U_T = C \cdot \sqrt{(\chi_M + \chi_T) \cdot w_{x.p.}} \quad (4)$$

При расширении зоны горения и повышении интенсивности воздействия турбулентно-диффузионных процессов, когда $\chi_T \approx l_T \cdot w'$ становится существенно больше $\chi_M \approx l_M \cdot w_M$,

$$U_T \approx U_n \cdot \sqrt{1 + \frac{l_T \cdot w'}{l_M \cdot w_M}}, \quad (5)$$

где l_M и l_T – длина свободного пробега молекулы и геометрическая размерность турбулентных вихревых образований; w' – скорость пульсаций в турбулентной среде; w_M – скорость перемещения молекул в свободном движении.

По мере расширения зоны горения и повышения эффективности действия вихревых образований более крупных масштабов активность турбулентно-диффузионного процесса стабилизируется и скорость распространения пламени в соответствующей среде возрастает или снижается пропорционально текущей интенсивности турбулентно-диффузионного процесса $w' \cdot l_T$:

$$U_T \approx C \cdot l_T \cdot w'. \quad (6)$$

Механизм ускорения процесса распространения пламени в условиях турбулентной среды и параметров состояния заключается в следующем.

Очаги горения, образовавшиеся в результате выброса активных соединений продуктов реакции, носят характер точечного воспламенения. Большая часть теплоты используется для прогрева и воспламенения прилегающих слоев свежей смеси. Процесс сгорания приближен к ламинарному виду с развитием от центра и высоким уровнем выгорания в зоне горения. Такие очаги на первичном этапе не могут быть источником генерации новых очагов горения, так как вероятность их раздробления крупномасштабными вихревыми образованиями приближается к нулю.

В тоже время, по мере увеличения их числа и расширения горящих молей, в зоне между отдельными очагами горения образуются микро- или макрообъемы свежей смеси, определяющие свой процесс окисления с внешней поверхности.

Именно такие образования горящего моля, начинающие процесс окисления с внешней поверхности, становятся источником генерации и выброса промежуточных соединений с образованием новых очагов горения. Этому способствует начальное геометрическое положение зоны горения, ее физическое состояние и полное отсутствие теплоотдачи в окружающую среду с более высоким уровнем температурного состояния. В результате, теплота, выделившаяся при выгорании смеси, согласно направлению температурного градиента используется на повышение температурного состояния внутренней части смеси горящего моля с жестким нарастанием температуры и давления в среде микрообъема.

По мере достижения определенного состояния по температуре и давлению, когда их значения превышают параметры состояния внешней оболочки изоляции, локальный процесс местного окисления переходит в состояние микродетонационного взрыва с выбросом продуктов незавершенного процесса окисления в прилегающие слои свежей смеси, где формируются новые очаги активного горения.

Таким образом, процесс разгона и развития реакции приобретает характер не только прогрессирующего саморазогрева, но и прогрессирующего саморазгона и расширения. Процесс сопровождается резким расширением зоны горения и увеличением числа образующихся микрообъемов с последующим их разрушением взрывного характера.

При определенном уровне турбулентного состояния определяющим фактором становится текущее физическое и геометрическое состояние зоны горения и зоны генерации активных очагов горения по давлению и температурному состоянию.

По физической сущности такой процесс изначально остается сходным с процессом развития очага горения при точечном воспламенении, но отличается условиями и механизмом его дальнейшего развития.

В первом случае присутствует интенсивный процесс поглощения подведенной или выделившейся теплоты.

При сгорании объемного изолированного моля вся теплота используется для усиления и развития процесса окисления внутри моля и завершается микровзрывом объема микромоля.

Таким образом, массовая скорость переноса продуктов зоны горения будет зависеть от насыщенности зоны горения такими образованиями, геометрических параметров и интенсивности турбулентного обмена.

Механизм стабилизации средней скорости сгорания складывается на основании следующих текущих условий.

Повышение насыщенности прилегающей зоны свежей смеси промежуточными компонентами реакций, способных к ее продолжению, приводит к увеличению числа очагов горения с развитием процесса горения от центра, с уменьшением их геометрических размеров и размеров образующихся микрообъемов с началом горения с внешней стороны.

Уменьшение геометрических размеров будет сопровождаться снижением интенсивности процесса микровзрыва и снижением насыщения зоны прилегающей свежей смеси. В результате произойдет увеличение времени протекания процесса с расширением зоны горения от центра и укрупнение вторичных микрообразований, генерирующих процесс микровзрыва и переноса зоны горения. Это приведет к наращиванию мощности микровзрыва, интенсивности выброса и насыщенности прилегающих слоев свежей смеси продуктами промежуточного окисления, то есть к насыщенности зоны микроточками высокотемпературного окисления. При достижении определенного уровня насыщенности процесс повторится с уменьшением геометрических размеров и интенсивности процесса микровзрыва.

Такой процесс хорошо согласуется с явлением усиления процесса сгорания на основном участке развития за счет генерации, так называемой дополнительно вырожденной пламенем турбулентности. Усиление интенсивности диффузионного тепломассообмена происходит на участке пламенного окисления. Основным источником усиления интенсивности диффузионного тепломассообмена следует считать повышение насыщенности зоны горения продуктами незавершенного окисления, генерирующими появление активных микроцентров в зоне прилегающих слоев свежей смеси и усиление интенсивности диффузионного тепломассообмена с участием микровзрывных процессов.

Предлагаемая модель турбулентного горения хорошо согласуется с экспериментальными результатами повышения турбулентной скорости распространения пламени с учетом интенсивности газодинамического состояния $u_T \approx w' \cdot l_T$ и физико-химических параметров состояния при повы-

шении температуры $u_T \approx e^{\frac{E_{ак}}{\mu RT_z}}$ и давления $u_T \approx P^m$ [7].

Исходя из представленной схемы механизма протекания процесса горения в турбулентной среде, скорость перемещения зоны пламени будет определяться согласно складывающейся зависимости

$$U_T = U_n + P^m \cdot e^{-\frac{E_{ак}}{\mu RT_z}} \cdot C_1 \cdot \frac{w_{см.в.р.} \cdot D_{ч} \cdot \rho_{см}}{0.528 \cdot 10^7 \cdot T_{см}}, \quad (7)$$

где $w_{см.в.р.}$ – скорость смеси после внезапного расширения в цилиндре.

Скорость турбулентных пульсаций

$$w'_x = w'_y = w'_z = \sqrt{(w'_x)^2} = C \cdot \frac{w_{см.в.р.}}{1.73}, \quad (8)$$

где C – коэффициент пропорциональности по турбулентности.

Видимая скорость распространения пламени $U'_{пл}$ с учетом расширения продуктов сгорания будет определяться как произведение турбулентной скорости U_T на коэффициент расширения E_p :

$$U'_{пл} = U_T \cdot E_p.$$

На рис. 1 представлены контрольные результаты расчетного определения текущих значений видимой скорости перемещения зоны горения и результаты, полученные экспериментальным путем на реальном двигателе, зафиксированные на отдельных участках камеры сгорания 1-2, 2-3, 3-4 с использованием ионизационных датчиков [8].

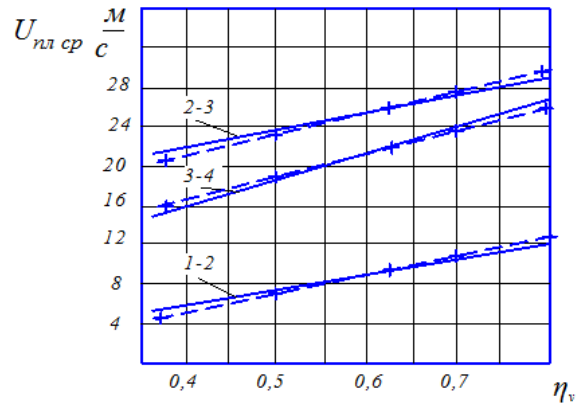


Рисунок 1 – Средние скорости перемещения зоны горения при изменении нагрузки

Интенсивность выгорания смеси в зоне горения будет определяться мелкомасштабной турбулентностью и скоростью перемещения задней границы зоны горения:

$$U''_{пл} = U''_{м.т} = U_n \cdot \sqrt{1 + \frac{l_T \cdot w'}{\chi_m}}, \quad (9)$$

где l_T – действующий масштаб турбулентности. В соответствии с геометрическими размерами зоны горения

$$l_T = C_T \cdot (\delta_{пл})^{0,55}, \quad (10)$$

где C_T – коэффициент пропорциональности масштаба турбулентности по глубине зоны горения.

Значение ширины зоны горения определится как разность положений на пути перемещения передней и задней границ зоны горения на текущий момент:

$$\delta_{пл} = l'_{пл} - l''_{пл}. \quad (11)$$

На рис. 2 представлены результаты расчетных значений ширины зоны горения.

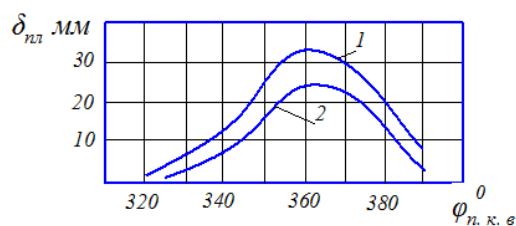


Рисунок 2 – Контрольные результаты ширины зоны горения:
1 – $n = 3500 \text{ об/мин}^{-1}$; 2 – $n = 1500 \text{ об/мин}^{-1}$ ($\alpha = 1,0$; нагрузка 100 %)

В целом, физико-математическая модель адекватно описывает физико-химический процесс воспламенения смеси и распространение пламени в реальном цикле ДВС.

Список литературы

1. Апелинский Д.В. Математические модели рабочего цикла ДВС с искровым зажиганием и их численная реализация [Текст] / Д.В. Апелинский, Д.Р. Яхутль, И.М. Шендеровский // Автомобильная промышленность. – 2012. – №1. – С.10-13.
2. Кондратьев Н.Н., Никитин Е.Е. Кинетика и механизм газофазных реакций. – М.: Наука, 1974. – 558 с.
3. Семенов Н.Н. О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности. – М.: АН СССР, 1958. – 686 с.
4. Козлов Г.И. Исследования некоторых суммарных кинетических закономерностей горения метана: Канд. дис. – М.: АН СССР. Энергетический институт им. Кржижановского. Лаборатория интенсификации топочных процессов, 1959. – 176 с.
5. Зельдович Я.Б., Франк-Каменецкий Д. А. Теория теплового распространения пламени // Журнал физической химии. – М. 1938. – Т.12. – Вып. 1. – С. 100-105.
6. Соколик А.С., Карпов В.П., Семенов Е.С. О турбулентном горении газов // Физика горения и взрыва, 1967. – № 1. – С. 61-76.
7. Карпов В.П., Соколик А.С. О влиянии давления на скорость ламинарного и турбулентного горения // ДАН СССР, 1960. – Т. 132. – №6. – С. 1341-1344.
8. Третьяков Н.П. Егоров А.А. Исследование влияния режима работы двигателя с искровым зажиганием на процесс сгорания // Автомобильная промышленность, 1977. – № 9. – С. 7-8.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 67.21.19

А.Ж. Жусупбеков, Н.У. Шакирова

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан

**ПРОВЕРКА СПЛОШНОСТИ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХ МЕТОДОВ:
МЕТОДОМ ОТРАЖЕННОЙ ВОЛНЫ ПРИ НИЗКОЙ НАГРУЗКЕ И МЕЖСКВАЖИННОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ**

В настоящее время в г. Нур-Султан ведутся работы по строительству системы общественного транспорта LRT (Light Railway Transport). LRT – это подвесная дорога с двумя железнодорожными линиями. Для проверки целостности применяют два метода – метод при низкой нагрузке и межскважинная дефектоскопия. Целью данной работы является обсуждение преимуществ и недостатков каждого метода с использованием примеров реального применения.

Қазіргі уақытта Нұр-Сұлтан қаласында LRT (жеңіл теміржол көлігі) қоғамдық көлік жүйесі құрылысы бойынша жұмыстар жүргізілуде. LRT – екі теміржол желісі бар үстірт жол. Тұтастықты тексеру үшін екі әдіс қолданылады: төмен жүктеме әдісі және ұңғымааралық дефектоскопия. Осы мақаланың мақсаты нақты әдістердің мысалдарын пайдалана отырып, әрбір әдістің артықшылығы мен кемшіліктерін талқылау.

At the present time, in Nur-Sultan city is going on works by construction public transport system LRT (Light Railway Transport). LRT is an overhead road with two railway lines. For checking integrity applying two methods – Low Strain Method and Cross-Hole Sonic Logging. The aim of this paper is to discuss the advantages and disadvantages of each method using the examples of a real application.

Ключевые слова: целостность, LRT, строительство, бетон, фундамент.

Введение. В настоящее время в г. Нур-Султан ведутся работы по строительству системы общественного транспорта LRT – (ЛРТ – легкий железнодорожный транспорт). Строительные работы производит китайская компания «China Railway Asia-Europe Construction Investment Co». LRT - это воздушная дорога с двумя железнодорожными линиями. Первый этап строительства – строительство воздушной дороги (моста) длиной 22,4 км и 18 станций. Высота моста составляет 7 ÷ 14 м над землей. Основание каждой колонны включает 4 или 6 буронабивных свай с поперечным сечением 1,0 ÷ 1,5 м и длиной 8 ÷ 55 м. Расчетная несущая способность каждой буровой сваи составляет от 4500 до 12000 кН. Чтобы сократить время строительства и стоимость свайных работ, китайские компании используют китайские буровые установки Zoomlion. Для поддержания стенок скважин в

песчаных и гравийных грунтах используется полимерная суспензия. Применение полимерной суспензии позволяет сократить время бурения, использовать менее мощные буровые установки и оборудование, но в то же время увеличивает риск разрушения грунта во время бурения или бетонирования свай. В этих условиях очень важно контролировать целостность бетонного тела каждой сваи. Для проверки целостности буронабивных свай предлагаются два метода: метод отраженной волны при низкой нагрузке и межскважинная дефектоскопия.

Метод отраженной волны при низкой нагрузке

Метод отраженной волны при низкой нагрузке (звуковой) для проверки целостности свай направлен на регулярное тестирование полных узлов свай. Звуковой тест недорогой и быстрый – для проверки одной сваи необходимо меньше минуты. Поверхностные колебания измеряются с помощью акселерометра, прикрепленного к вершине сваи, а свая ударяется небольшим ручным молотом. Выходной сигнал датчика анализируется и отображается с помощью подходящего компьютеризованного инструмента, результаты дают значимую информацию относительно длины и целостности свай.

Хотя кривая ускорения может быть интерпретирована напрямую, интеграция в скорость, как правило, улучшает запись, вызывая детали, которые в противном случае игнорируются. Таким образом, сигнал ускорения верхней части сваи оцифровывается и сохраняется в памяти устройства PIT, и он численно интегрирован для получения сигнала скорости.



Рисунок 1 – Pile Integrity Tester PIT-QV

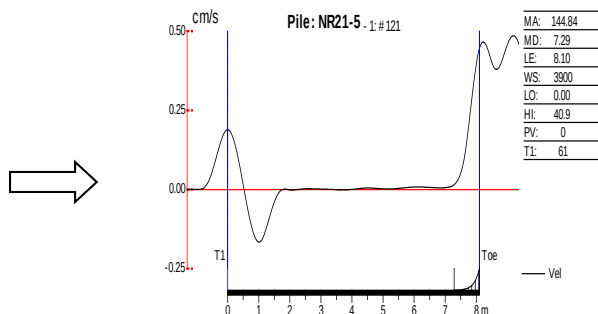


Рисунок 2 – Графики показывают зависимости амплитуда/длина сигнала

Межскважинная дефектоскопия – Cross-hole Sonic Logging (CSL)

Метод отраженной волны при низкой нагрузке относится к внешним тестовым методам, поскольку он обращается только к вершине сваи. С другой стороны, метод является навязчивым и требует предварительной установки труб доступа (обычно двух или более) в сваю.

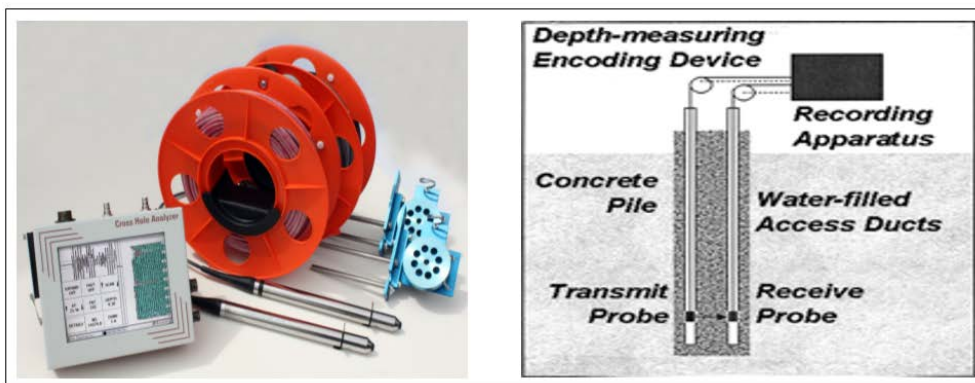


Рисунок 3 – Межскважинная дефектоскопия – Cross-hole Sonic: компьютер, кабель, датчики глубины, испытательные зонды и процесс тестирования

Перед испытанием трубы должны быть заполнены водой, чтобы получить хорошее сцепление, и два датчика опускаются внутри двух труб. Один из этих зондов излучатель, а другой – приемник ультразвуковых импульсов. Зонды опускаются на дно, затем выталкиваются одновременно вверх для получения профиля ультразвукового каротажа. Передатчик создает серию акустических волн по всем направлениям. Некоторые из этих волн в конечном итоге доходят до приемника. Затем измерительный прибор отображает время прохождения между трубами и глубиной. Пока это время довольно постоянное, это показывает, что нет никакого изменения качества бетона. Резкое увеличение времени движения на любой глубине может указывать на наличие дефекта на этой глубине.

Количество трубок доступа, отлитых в свайном бетоне, зависит от диаметра сваи, важности сваи и, конечно же, экономического соображения. Хорошее эмпирическое правило: указать одну трубку на каждый 30 см диаметра сваи. Таким образом, для сваи диаметром 1,2 м обычно выполняются четыре трубки. Для лучшего эффекта трубки должны быть равномерно размещены внутри спиральной арматуры и жестко прикреплены к ней с помощью проволоочной или точечной сварки. Там, где трубы проходят под арматурной клетью, их необходимо стабилизировать с помощью подходящих стальных обручей.

Томография по данным Cross-hole Sonic Logging

Та же процедура, которая выполняется в двух измерениях на одном профиле, может использоваться в трех измерениях для всей сваи. В этом случае свая делится на элементарные воксели или объемные пиксели, этот процесс обычно называют томографией.

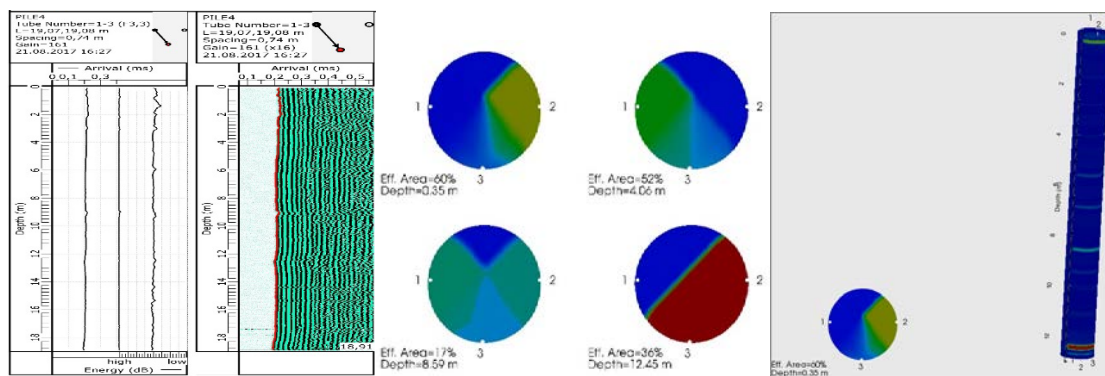


Рисунок 4 – Ультразвуковой профиль, горизонтальные поперечные сечения сваи и трехмерная визуализация в программном обеспечении PDI-TOMO (хорошая свая)

Томография – это математическая процедура, которая применяется к данным Cross-hole Sonic Logging (CSL), предоставляя пользователю визуальный образ внутренних дефектов вала. Процедура включает в себя решение системы уравнений, основанной на первом времени прибытия (FAT), для расчета скоростей волн в разных точках вала. Скорости волны томографии, распределенные по всему валу, прямо пропорциональны плотности, что указывает на качество бетона. PDI-TOMO является расширением программного обеспечения CHA-W, предназначенного для получения превосходных результатов томографического анализа данных CHAMP с повышенной эффективностью для пользователя.

Сравнение результатов, полученных двумя методами

В 2017-2018 году на строительной площадке LRT в г. Астана более 1500 буровых свай были проверены на целостность с использованием двух методов: 45 % – методом межскважинной дефектоскопии и других 55 % – тестом при низкой нагрузке. Китайский клиент дает техническое задание для проверки целостности свай: если один фундамент моста состоит из четырех буронабивных свай, то одна свая проверяется методом межскважинной дефектоскопии Sonic и другие три сваи проверяются с помощью теста при низкой нагрузке; если один фундамент моста состоит из шести сверильных свай, то две сваи проверяются методом межскважинной дефектоскопии Cross-hole

Sonic Logging другие четыре сваи – с помощью теста на низкий пролив. Одна из испытанной свай PR16-2 содержала серьезный дефект целостности.

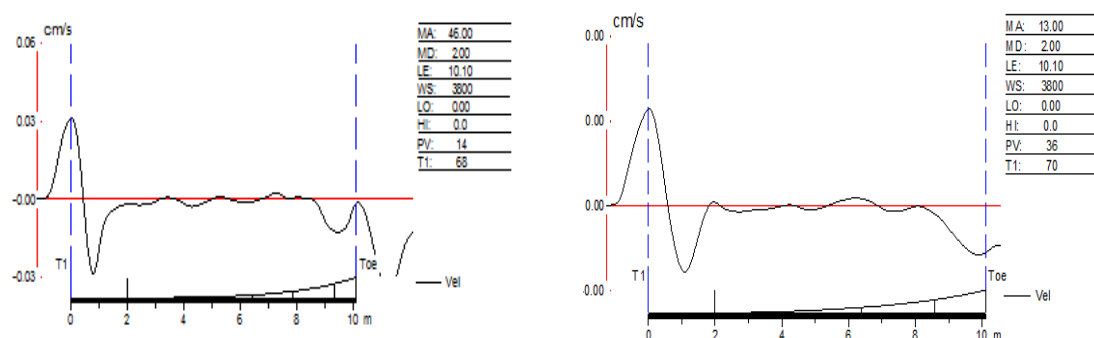


Рисунок 5 – Две рефлектограммы буронабивной сваи PR16-2, полученные тестированием целостности свай – PIT-QV

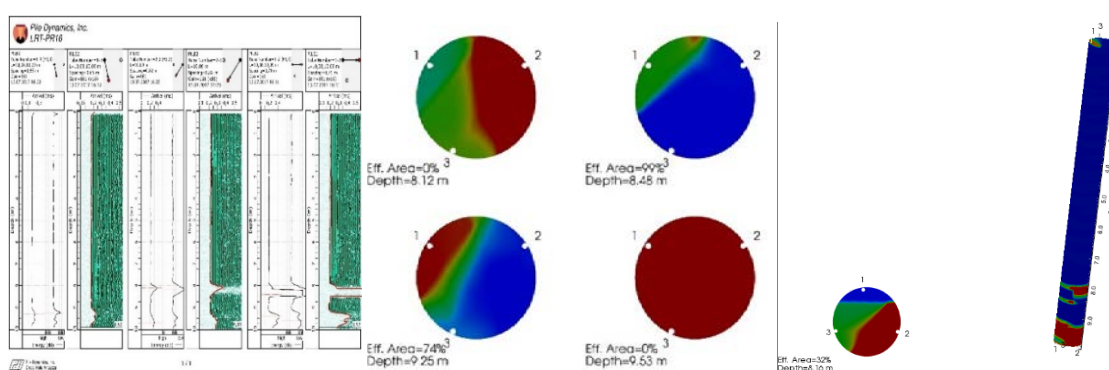


Рисунок 6 – Ультразвуковой профиль, горизонтальные поперечные сечения сваи (CHA-W) и трехмерная визуализация в программном обеспечении (PDI-TOMO) (плохая свая)

Анализируя данные, полученные с помощью теста при низкой нагрузке (рис. 6), можно сказать, что на глубине 8,5 м эта свая имеет трещину и ее поперечное сечение уменьшается. Анализ данных Cross-hole Sonic Logging (рис. 7), может показывать 3D-местоположение трещин, примерный размер трещин, эффективное поперечное сечение сваи на любой глубине. Cross-hole Sonic Logging предоставляет более полезную информацию о целостности и позволяет инженеру оценить серьезность проблемы и возможность использования этой сваи в фундаменте.

Выводы. Тест при низкой нагрузке является мощным инструментом контроля качества, который не так дорог и требует около одной минуты для применения. Но не нужно забывать, что, поскольку звуковой метод основан на использовании волн напряжений, он может идентифицировать только те атрибуты сваи, которые влияют на распространение волн и имеют довольно большой размер.

Метод межскважинной дефектоскопии Cross-hole Sonic Logging более точный, позволяет оценить размер и положение трещин. Несмотря на то, что в трубах доступа вводится дополнительный расход, проверка перекрестного отверстия компенсирует это, позволяя испытательному оборудованию приблизиться к потенциальным дефектам. Дополнительным преимуществом этого теста является повышенное разрешение: в то время как звуковой тест использует длину волны не менее двух метров, метод межскважинной дефектоскопии использует ультразвуковые частоты с типичной длиной волны от 50 до 100 мм. Поскольку разрешение сильно зависит от длины волны, метод межскважинной дефектоскопии позволяет обнаруживать гораздо более мелкие дефекты с высокой точностью.

Список литературы

1. Joram M.A. (2009). Pile Integrity Testing, Israel.
2. ASTM Standard D 5882 (2000). "Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations," ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org.
3. ASTM Standard D 6760 (2002). "Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing," ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org.
4. White, B., Nagy, M. & Allin, R. (2008) "Comparing Cross-hole Sonic Logging and low-strain integrity testing results", Proceedings of the 8th International Conference of Application of Stress Wave Theory to Piles, Lisbon, 471-476.
5. Bungenstab, F.C. and Beim, J.W. (2015) "Continuous Flight Auger (CFA) Piles – A Review of the Execution Process and Integrity Evaluation by Low Strain Test," Buenos Aires, Argentina; 414-421. IOS Press.
6. Massoudi, N. and Teferra, W. (2004). "Non-Destructive Testing of Piles Using the Low Strain Integrity Method". Proceedings of the Fifth International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering: New York, NY; 1-6.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 67.07.01

Т.А. Иноземцева, В.Е. Герасименко, Е.А. Феоктистова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ОБЩЕСТВЕННОГО И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ПОД ЖИЛУЮ ФУНКЦИЮ**

В статье рассматриваются вопросы адаптации зданий различного назначения под жилую функцию. Дается классификация факторов, влияющих на решение перефункционалирования зданий. На основе зарубежного опыта рассматриваются виды реконструкции, с помощью которых достигаются наиболее экономичные и технически целесообразные решения.

Мақалада әртүрлі мақсаттағы ғимараттарды тұрғын функцияға бейімдеу мәселелері қарастырылады. Ғимараттарды қайта жұмыс істеу шешіміне әсер ететін факторлардың жіктелуі беріледі. Шетелдік тәжірибе негізінде қайта құру түрлері қарастырылады, олардың көмегімен неғұрлым үнемді және техникалық орынды шешімдерге қол жеткізіледі.

The article discusses the adaptation of buildings for various purposes for residential function. The classification of factors influencing the decision of the re-functioning of buildings is given. Based on foreign experience, types of reconstruction are considered, with the help of which the most economical and technically feasible solutions are achieved.

Ключевые слова: архитектура, адаптация, реконструкция, жилое здание, производственное здание, перефункционалирование.

В современном мире все чаще встречается реконструкция зданий с измененной функцией, т.к. многие здания оказываются не востребованными, а реконструкция может дать зданию новую «вторую» жизнь. Со временем здание может морально и физически устареть, но при помощи реконструкции можно улучшить условия под современные требования человека.

При реконструкции любого общественного здания под жилое нужно учитывать его следующие характеристики: комфортность, капитальность, экологичность, гигиеничность и безопасность. Комфортность жилья является одним из основополагающих критериев для человека. Здание должно иметь удобное архитектурно-планировочное решение, хороший уровень благоустройства, эстетичную наружную отделку, высокий уровень технического оборудования и обеспечение социально-бытового обслуживания.

Жилое здание должно быть комфортно не только для жильцов, но и для окружающих. Внешний облик должен вписываться в уже существующую застройку, быть сомасштабным с человеческими параметрами. Реконструкция как сложный многоступенчатый процесс, требующий взвешенного и многогранного решения, помогает решить множество проблем. Прежде чем принять решение о реконструкции, особенно с заменой функции, следует рассмотреть все факторы, влияющие на ее возможность.

Факторы, определяющие возможность реконструкции, можно разделить на три основных блока: архитектурный, экономический и техническая осуществимость. Только при совпадении всех факторов возникает возможность решения реконструкции здания под жилую функцию [1].

Архитектурный блок включает в себя такие параметры, как санитарно-гигиенические условия (инсоляция – ориентация по сторонам света, уровень шума на территории, аэрация); параметры здания (высота помещения, габариты здания, ширина здания), транспортная доступность и благоустройство.

Экономический блок определяет целесообразность реконструкционных мероприятий, сопоставляя капитальные вложения и прибыль во время эксплуатации здания.

Технический блок включает в себя такие параметры, как техническое состояние и надежность здания, определяющие степень и способ реконструкции. В этой части главным является оценка технического состояния здания, целостность конструкций и основных несущих элементов, возможность усилить поврежденные части здания.

Значительная роль реконструкции – это возможность адаптации существующего строения под новую функцию, включающую улучшение облика здания в целом. Реконструкция носит комплексный характер, она должна учитывать многие факторы наперёд, в перспективе развития района, а может даже и города. Если реконструкция производится в исторически сложившихся районах, то в большинстве случаев это плотно застроенные места, где возникает проблема под адаптацию существующих объектов под новую функцию. Как правило, реконструкция по времени быстрее, чем новое строительство, т.к. основные конструкции здания уже готовы, и требуется лишь частичное вмешательство, исключение составляет только исторически плотно застроенный район [2].

Например, реконструкция в городе Перми (Россия), где в жилой дом переоборудован промышленный объект – здание бывшего алкогольного завода «Арсенал», по улице Кировоградской. Дом имеет удачное расположение и стоит прямо на берегу реки, но это не элитное жильё, а квартиры для среднего класса. Для перефункционального объекта под жилой дом пришлось делать перепланировку здания. Изначально это был административный корпус завода, в котором были много кабинетов и всего один-два санузла по краям здания. Так как для жилья коммуникации нужны в каждую квартиру, как следствие они были добавлены. К моменту смены функции здания уже была осуществлена реконструкция объекта – здание полностью утеплили, надстроили третий этаж, а также выполнен дополнительный подъезд. После этого объект был перестроен под жильё и зарегистрирован под функцией жилого дома [3].

Одним из примеров реконструкции производственных зданий в жильё являются бывшие здания фабрик и заводов в США, расположенные в центре Нью-Йорка. В начале XX века после быстрого роста города производство оказалось чуть ли не в центре города, что естественно повлекло рост цен на эту недвижимость. Далее следовала «Великая Депрессия» в 20-х годах, которая привела к разорению и банкротству многих предприятий. Некоторые использовали бывшие производственные здания для художественных галерей, другие умудрялись устраивать себе жилище. Такое жильё не было похоже ни на что другое: огромные потолки, с возможностью устройства нескольких уровней, громадные площади самих зданий. Далее такое жильё повлекло за собой возникновение такого стиля как «Лофт». Естественно, это жильё было не для всех, т.к. стоило очень дорого. Ближе к 50-м годам мода на перефункциональное перекинулась на территорию Европы. В России и постсоветском пространстве такое явление появилось гораздо позже и в единичных случаях [4].

Интересным примером является реконструкция газометров в Вене, Австрия, особенностью которых являлся их фасад. Фасад представлял собой кирпичную кладку с рустовкой, арочными проемами, пилястрами, эстетически правильном членении фасада на 3 части в пропорции «золотого сечения» (рис. 1). Данные здания являлись обликом окраины города, и было принято решение о

сохранении их фасадов. В итоге такая реконструкция помогла в ревалоризации целого района, туда разместили жилые апартаменты и общественные функции - концертный зал, кинотеатр, школы и детский сад. В данном случае возможность реконструкции определили такие факторы как исторический (сохранение архитектурного облика района) и градостроительный факторы, которые в итоге помогли сохранить район [5].

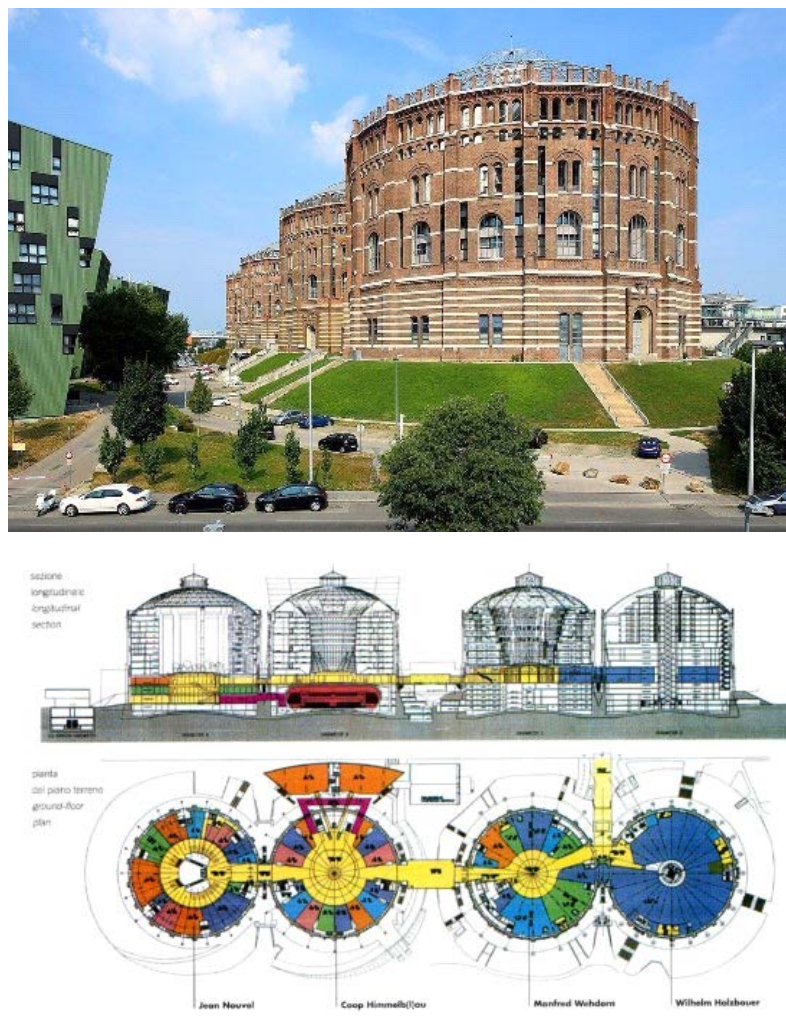


Рисунок 1 – Реконструкция газометров в Вене, Австрия (фотография зданий, разрез с планами) [3]

В Европе в процессе трансформации набережных и промышленных объектов в итоге получают элитные жилые комплексы с прекрасным видом на воду. Одним из таких примеров является жилой комплекс Gemini Residence в Копенгагене, располагающийся вдоль гавани. В прошлом это были две бетонные силосные башни – зернохранилище. Диаметр их был 25 метров, а высота 42 метра. Было принято решение «навесить» квартиры на объем здания (рис. 2), при этом демонтаж выполнили только под дверные проемы квартир, тем самым сохранив монолитную конструкцию. Внутри располагаются лестнично-лифтовые узлы, галерейный коридор, по которому осуществляется проход жителей к своим квартирам и остекленная крыша, освещающая атриум. Снаружи фасад полностью выполнен из стекла, открытые балконы со стеклянным ограждением опоясывают две башни. Примерно первые 2 этажа отданы под хозяйственные нужды, а также там располагаются конструкции, которые поддерживают навесные этажи (рис. 2) [6].

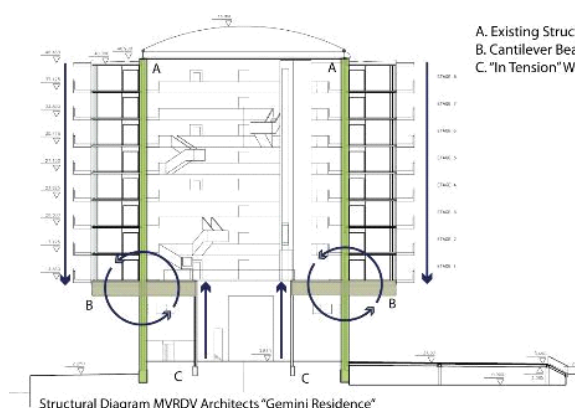


Рисунок 2 – Жилой комплекс Gemini Residence (разрез, экстерьер здания, атриум) [6]

Следующий пример – жилой комплекс Torpedohallen с прогулочной улицей посередине, расположенный на набережной в Копенгагене, ранее который представлял собой портовый склад (рис. 3). Этот комплекс интересен тем, что до реконструкции это было одно большепролетное здание. Несущие конструкции остались целые, жилые апартаменты расположены по обе стороны здания, а в центре остались открытые конструкции ферм. Здание имеет П-образную форму, в центре которой открытое пространство, в начале представляющее собой часть акватории, а далее – прогулочный двор для жителей этого комплекса [5].

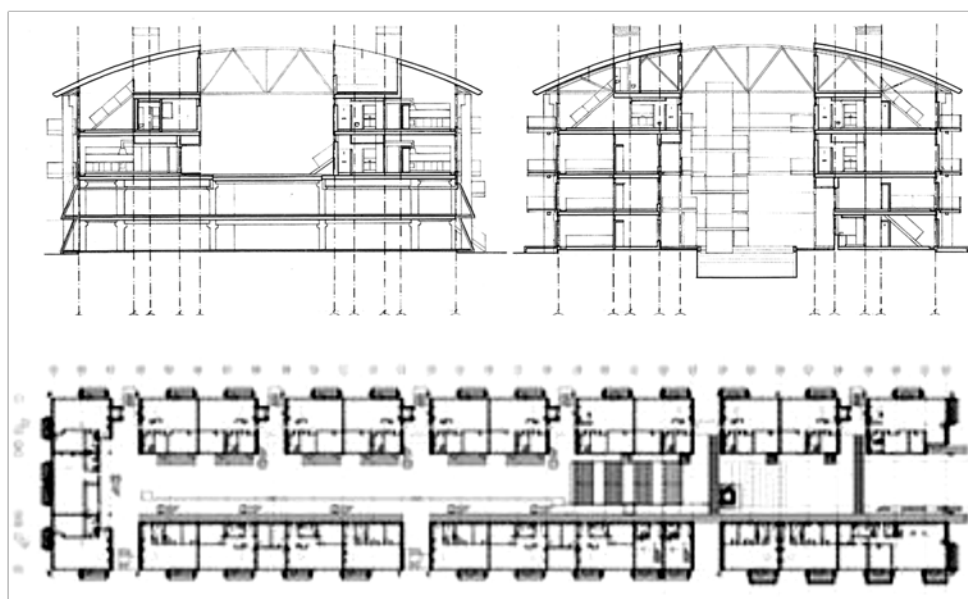


Рисунок 3 – Комплекс Torpedohallen в Копенгагене, реконструкция склада под жилье. (Разрез, план и наружный вид) [5]

Интересный проект реконструкции зданий фабрики и зернохранилища в жилой комплекс «Капаал» в пригороде Антверпена, Бельгия (рис. 4). Бывшая фабрика была построена в 1857 году и занимала целый квартал. К середине XX века фабрику выкупила пивоваренная компания. Далее фабрику выкупил Аксель Вервордт и использовал поначалу для своих коллекций антиквариата и выставок, но в 2012 году он решил превратить этот квартал в элитное жилье на берегу реки. Комплекс расположен рядом с водным каналом, и многие квартиры обращены на него [7].



Рисунок 4 – Реконструкции зданий фабрики и зернохранилища в жилой комплекс "Kanaal" в пригороде Антверпена, Бельгия [7]

Здание бывших силосов вместили в себя 98 квартир, круглые башни соединены между собой переходами, планировки квартир разнятся по этажам.

Если рассматривать каждый объект реконструкции по отдельности, то у каждого своя история и свои методы реконструкции, но среди них можно выявить основные факторы, которые подводят к решению о смене функции. Каждый объект уникален, также разнятся и технические характеристики объектов, моральный износ, состояние конструкций, коммуникация и т.д. Реконструкция производственных зданий позволяет уменьшить стоимость освоения городской территории, и получить новые социально значимые здания. Решить проблему нехватки жилья для разных слоев населения можно взяв ненужный объект, который стоит десятки лет, и дав ему «новую жизнь» [8].

Путем реконструкции можно решить множество вопросов, роль ее с каждым годом растёт, больше примеров реконструкции появляются не только в крупнейших городах, но и более мелких. Реконструкция существующих гражданских и промышленных зданий растет в связи с тем, что занимает меньше времени, чем новое строительство, и дешевле, чем возведение новых зданий в несколько раз. Играет роль еще один немаловажный фактор – это экономический: при реконструкции меньше затрачивается средств, т.к. здание уже имеет ограждающие и несущие конструкции [8]. А также в настоящее время повысился спрос на реконструкцию существующих зданий, расположенных в центральных районах городов, т.к. это удачные и престижные места с развитой инфраструктурой. Реконструкция играет большую роль в улучшении застройки города, она помогает создать более комфортные условия для нынешних требований современности, а также улучшить архитектурный облик, повысить привлекательность города, увеличить прочность здания и его долговечность.

На основе вышеизложенного, можно выделить ряд факторов, влияющих на адаптацию объектов общественного и промышленного назначения под жилье (представлены в виде модели на рис. 5):

1. Исторические факторы – политическая и экономическая ситуация в стране, участие или поддержка государства в реконструкции архитектурных объектов, законы, издаваемые государством, которые касаются архитектуры, градостроительства, промышленности и частной собственности.

2. Градостроительные факторы – увеличение плотности застройки (1 тип – без увеличения площади застройки – надстройка, 2 тип – с увеличением площади застройки – пристройка, вставка и т.д.), джентрификация – реконструкция пришедших в упадок городских кварталов путём благоустройства и последующего привлечения более состоятельных жителей.

3. Экономические факторы – меньшая стоимость проекта по сравнению с новым строительством, инвестиции в реконструкцию с возможностью окупаемости проекта за счет продажи жилья и встроенной общественной функции.

4. Социальные факторы – нехватка жилья для населения страны, улучшение качества жилья граждан за счет реконструкции, увеличения площади помещений, улучшения современных внутренних и внешних отделочных материалов, включения новых инженерных технологий.

5. Экологические факторы – перенос производства за город и смена назначения здания, меньшие строительные отходы по сравнению со сносом всего здания и устройством нового, оздоровление районов и жилых кварталов за счет модернизации производства.

6. Демографические факторы – увеличение плотности населения практически без изменения площади застройки, а также при помощи пристроек, вставок и т.д. с увеличением площади застройки

7. Возможность реконструкции – архитектурная целесообразность, экономическое обоснование, техническая возможность.

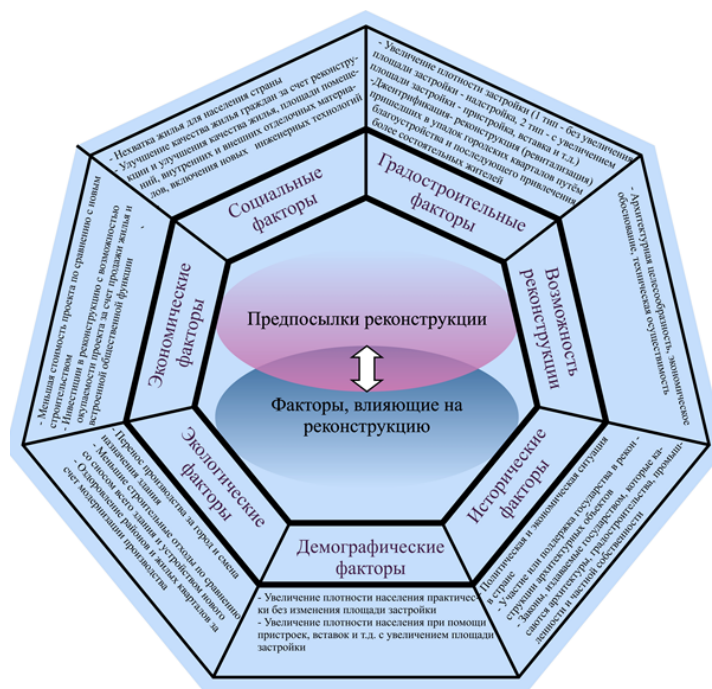


Рисунок 5 – Классификация факторов, влияющих на перефункционализацию архитектурных объектов под жилье

На реконструкцию могут повлиять не один фактор, а сразу несколько. Обычно происходит так, что из одного фактора вытекает другой, из этого третий, и все это влечёт за собой решение о смене функции в здании, которое подвергается реконструкции. Однако факторы только подталкивают на возможность реконструкции зданий другого назначения, а решающую роль и итог играют роль подготовка и обследование здания, учтённые нюансы при проектировании таких объектов и грамотные специалисты, выполняющие реконструкцию. Знание и умение применять современные методы, используемые при реконструкции зданий другого назначения, являются залогом качественного реконструированного объекта.

Список литературы

1. Реконструкция и обновление сложившейся застройки города: Учеб. пособие для вузов / Под общей ред. П.Г. Грабового и В.А. Харитоновой. – М.: Изд-ва «АСВ» и «Реалпроект», 2006. – С. 624.
2. Реконструкция зданий и сооружений: Учеб. пособие для строит. спец. Вузов / А.Л. Шагин, Ю.В. Бондаренко, Д.Ф. Гончаренко, В.Б. Гончаров; Под ред. А.Л. Шагина. – М.: Высш. шк., 1991. – 352 с.: ил.

3. Жилье в промышленных зданиях. 21 января 2019 г. [Интернет ресурс]. – Режим доступа: <http://jtdesign.ru/zhile-v-promyshlennyh-zdaniyah>
4. «Loft» – история появления лофта в США и Европе [Интернет ресурс].
5. Современный опыт реконструкции объектов промышленной архитектуры под жилье (Европа, США, Австралия) / М.В. Назарова. – М.: Изд-во СПб. Гос. Архит.-строит. ун-та, 2013. – 13 с.
6. Архитектура силоса обращается в престижное жилье / Леонид Попов, 8 сентября 2005. [Интернет ресурс]. Режим доступа: <http://www.membrana.ru/particle/1199>
7. Kanaal от Акселя Вервордта, Бельгия. [Интернет ресурс]. – Режим доступа: http://redeveloper.ru/redeveloperskie-proekty/realise_actual/kanaal-ot-akselya-vervordta-belgiya/
8. Шихов А.Н. Реконструкция гражданских и промышленных зданий: Монография / А.Н. Шихов; М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджет. образов. учреждение высш. проф. образов. «Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2015. – 399 с.

Получено 07.02.2020

MFТАА 73.41.41

С.Ж. Кабикенов¹, А.А. Макенов², Н.Б. Жаркенов¹, А.Н. Майшин¹

¹Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.

²Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті, Өскемен қ.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ ТАУ-КЕН ӨНДІРІСІ КӘСІПОРЫНДАРЫНДАҒЫ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖҮЙЕСІН САРАПТАУ

Бұл мақала Қазақстан Республикасының тау-кен кәсіпорындарының жылжымалы құрамына қызмет көрсетудің қолданыстағы жүйесін талдауға арналған. Онда түрлі тау-кен кәсіпорындарындағы тау-кен машиналарының техникалық қызмет көрсету деңгейінің зерттеу нәтижелері келтірілген. Бұл олардың жұмысын ұйымдастырудың ерекшеліктерін анықтауға, БелАЗ отбасылық самосвалдарға қызмет көрсетуге нарықтық қажеттілікті бағалауға және тау-кен техникасына техникалық қызмет көрсету сервистер жүйесінің құрылысын қамтамасыз етуге мүмкіндік берді.

Настоящая статья посвящена вопросам анализа действующей системы технического обслуживания подвижного состава горных предприятий Республики Казахстан. В ней представлены результаты исследования уровня технического обслуживания карьерных автомобилей-самосвалов на различных горнодобывающих предприятиях. Это позволило установить особенности в организации их работы, оценить потребности рынка в сервисных услугах автомобилей-самосвалов семейства «БелАЗ» и обеспечить построение системы технического сервиса карьерной техники.

This article is devoted to the analysis of the current system of maintenance of rolling stock of mining enterprises of the Republic of Kazakhstan. It presents the results of a study of the level of maintenance of mining dump trucks at various mining enterprises. This made it possible to establish particularities in the organization of their work, to assess the market needs for services of BelAZ family dump trucks and to ensure the construction of a technical service system for mining equipment.

Түйін сөздер: *өзіаударғыш, қызмет көрсету, сервис, бағалау, талдау, жөндеу, карьер, жұмысқа қабілеттілік, сервистік орталық.*

Кенестік экономика дәуірінде құрылған таукен және көлік құралдарына техникалық қызмет көрсету мен жөндеу жүргізудің қолданыстағы жүйесін сараптау, техникадағы қызмет көрсетуді көрсетіп отыр, атап айтқанда ұйымдық құрылымдардың үлкен автоөзіаударғыштарға техникалық қызмет көрсету болып табылады (тиісті техникалық қамтамасыз етулерімен) және ол тау-кен кәсіпорны құрамына кіреді. Ірі тау-кен кәсіпорындарында, мысалы «Шұбаркөл Көмір» АҚ, «Жәйрем» ТҚК, «Соколов-Сарыбай» ТҚК автоөзіаударғыштарға қызмет көрсету және жөндеу жүргізу көліктік цехтар мен автобазалар арқылы жүргізіледі.

Қолданыстағы кәсіпорындардағы парктің техникалық даярлығын көрсететін техникалық қызмет көрсету мен жөндеу жүргізу (ТҚК және АЖ) мыналар болып табылады:

- қызметкерлердің біліктілік деңгейі;
- тау-кен кәсіпорны басшыларының техникаға қызмет көрсету міндеттеріне деген көзқарасы;

- қосалқы бөлшектерді сатып алуға бөлінетін ресурс көлемі;
- автобазаның арнайы құралдар мен қондырғылармен жабдыкталуы және өндіріс алаңының болуы;

- материалдық-техникалық қамтамасыз етуді ұйымдастыру деңгейі (МТҚ).

Жоғарыда аталған факторлармен бірге автоөзіаударғыштарға техникалық қызмет көрсетудің өзіндік бағасы факторына және барлық тау-кен бизнесінің тиімділігіне қосалқы бөлшектер мен материалдар бағасы да әсер етеді, сонымен қатар қоймалардағы қосалқы бөлшектер көлемі де әсер етеді.

Әртүрлі тау-кен өндірісі кәсіпорындарындағы карьерлік автоөзіаударғыштарға техникалық қызмет көрсету деңгейіне сараптама жасаудың мынандай ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік беріп отыр:

- қосалқы бөлшектерді жеткізу барысындағы қолданылып отырған өтініш беру жүйесі «сақтық қор» көлемін көрсетеді және сатып алынған бөлшектер мен материалдың бағасын көрсетеді;

- кейінгі уақыттардағы қосалқы бөлшектер және материалдармен қамтамасыз ету жүйесі «неликвидтерді» жинақтауды ғана емес, сонымен қатар қосалқы бөлшектің нормадан тыс көлемінің жиналуына әсер етті;

- соңғы уақыттарда басқарушы компаниялардың тарапынан бақылаудың күшеюінен, МТҚ жүйесінің өзгеруінен қосалқы бөлшекті жеткізу өзгеріп отыр. Алайда, бүгінгі күннің өзінде өтініш берілген қосалқы бөлшектің көлемі мен номенклатурасы мамандар тарапынан ғана қарастырылып отыр.

Сондықтан, біздің бағалауымызша басқару компаниялары тарапынан қосалқы бөлшекті жеткізу көлеміне және бағасына қатаң бақылау жасау барысының өзінде қосалқы бөлшекке жұмсалатын ТҚК мен жөндеу жүйесінің айналыс қаржысының көлемі жеткілікті болып отыр.

Көпшілік тау-кен өндіруші кәсіпорындарында автоөзіаударғыштардың агрегаттарын жөндеуді (қозғалтқыштар, ГМБ, электржабдықтар және т.б.) өз күштерімен жүргізеді, ол жөндеу сапасын көрсетеді. Арнайы жасақталған жөндеу жүргізу кәсіпорындарының қуаты мүлдем пайдаланылмайды.

Автобаза қызметкерлерін ынталандыру, егер олар пайдаланылатын болса, автоөзіаударғыштар паркінің техникалық даярлығы деңгейіне байланысты емес.

«БелАЗ» сервистік қызмет нарығын қажет етуін бағалау. Нарықтағы конъюнктураның өзгеруі, тау-кен кәсіпорындарының жеке меншікке өтуі, экономиканың қызмет ету принциптерінің өзгеруі тау-кен және көлік құралының сапасына жаңа талаптар қойып отыр, сонымен қатар оған қызмет көрсету жүйесін жаңадан құрудың кепілдіктері мен соңғы кепілдік талаптарын жаңадан қалыптастырып отыр.

Мысалы, Ресей, Қазақстан, Украина және басқа да елдерде «БелАЗ» ОБ өнімі әлемдік өндірушілер арасында күрделі бәсекелестік құрып отыр, қазіргі заманға сай сапалы техникамен қатар жаңа толық сервистік қызмет көрсетуді де ұсынады, ол машинаның техникалық даярлығын арттырады (1-сурет).

Бүгінгі күні жоғары технологиялық тау-кен және көліктік құралдар таңдауы кең уақытта сатып алушы бәсекелестердің ұсыныстарын техника бағасы бойынша ғана емес, сонымен бірге оған төлем жасау бойынша, сервистік қызмет бағасы бойынша да салыстырады. Сервистік қолдау көрсету құралды сату барысында қажетті жағдай болып саналады.

Сервистік қызмет көрсетуге техниканы өндіруші де, сатып алушы да мүдделі. Сатып алушыға автоөзіаударғыштың жеке өзі ғана қажет емес, автоөзіаударғышты немесе басқа да құралды сатып алып, тау-кен өндірушісі қызметті де сатып алады: тау-кен массасын тасымалдау, экскавация және т.б.

Өндірушіні, моделін, түрін, маркасын, өндіруші фирманы толық таңдау критерийі қызмет бағасы болып табылады, ол техниканы жұмысқа даярлаудың бір сағатының бағасымен көрінеді.

Тау-кен кәсіпорнындағы карьерлік көліктің тонна-километрмен көрсетілген жұмысының экономикалық көрсеткіштері тау-кен техникалық және тау-кен-геологиялық факторларға, жұмысты ұйымдастыру мен машинаны карьерде пайдалану жағдайына тәуелді. Машинаны пайдалану жағдайы техникалық даярлығының бір сағаттағы бағасына әсер етеді (алайда анықтамайды).



1-сурет – Жоғары жүккөтерімді машиналар өндірісі «БелАЗ»

Сатып алынатын қызмет бағасы: техника мен қосалқы бөлшектің бастапқы бағасы сервистік қызмет көрсету сапасы мен бағасына тәуелді болады.

Өз жүйесі арқылы сервистің қызмет көрсетуді қолдаушы техниканы өндіруші соңында техниканың техникалық жағдайын бақылайды және өндірістік машиналардың конструктивтік сапасын толығымен жүзеге асырады.

Сонымен, бүгінгі күні ӨБ «БелАЗ» өнімінің бәсекелестігін қамтамасыз ету үшін нарықта БелАЗ автоөзіаударғыштарға сервистік қызмет көрсетуге ауысудың бағдарламасын жүзеге асырудағы барлық объективтік және субъективтік алғышарттары қалыптасты.

«БелАЗ» карьерлік техникасы бойынша техникалық сервис құру. «БелАЗ-Сервис» аумақтық кәсіпорындардың желісін құрудың басталуы мына негізгі міндеттерге негізделіп отыр:

- кепілден кейінгі мерзімдегі және кепілдік берілген қосалқы бөлшектермен қажеттілікті қамтамасыз ету;

- техниканы пайдалануға енгізу барысындағы қосу-жөндеу жұмыстарына нақты көмек көрсету;

- машинаны пайдалану барысына бақылау жасау.

Осы мақсатта ТМД-ның 20 елдерінде «БелАЗ» кәсіпорнының аумақтық кәсіпорындары құрылып, әлі де қызмет етіп отыр. Сервистік торапқа барлық аумақтар қамтамасыз етілген, онда БелАЗ карьерлік техникасының 18000 бірлігі пайдаланылып отыр.

«БелАЗ-Сервис» құрылымдық кәсіпорындары жаңа карьерлік және арнайы техника моделін игеруге ерекше көңіл болып отыр. Ол үшін басты тау-кен кәсіпорнында техникалық бөлімшелер құрылған, онда штатқа жоғары білікті мамандар тартылған, олар аумақтық кәсіпорындармен өзара тығыз байланыста іске қосу-жөндеу қызметтерін жүргізеді, тұтынушы кәсіпорындарға техникалық қызметкерлерін жаңа техникалық конструкцияларына, оған қызмет ету мен жөндеу жүргізу және пайдалануға оқытады.

«БелАЗ-Сервис» кәсіпорнының кадр құрылымына да өзгерістер енгізілді, онда олардың әрқайсысының техникалық мамандықтары бар, карьерлік техниканы пайдалану орнында тәжірибелік көмек көрсете алады.

Зауытта жыл сайын «БелАЗ-Сервис» бөлімшелері мен тұтынушы кәсіпорын мамандарын жыл сайын оқытады. Тұтынушылар өтініштері бойынша техникалық әдебиеттермен және гараж құралдарымен қамтамасыз етіледі.

Соңғы уақыттарда Кировск қаласындағы «Апатит» ААҚ, Костомукша қ. «Карельский окатыш» ААҚ, Зарафшан қ. Навои ТМК сервистік өкілділіктер, Айхал қ. (Якутия) мен Междуреченскіде (Кемеров облысы) сервистік қызмет көрсету өкілділіктері бар.

Автоөзіаударғыштарға кепілденген уақытта және кепілденген уақыттан кейінгі уақытта сервистік қызмет көрсетуді қамтамасыз етуді жетілдіру мақсатында кәсіпорын стандартымен ИСО

9001 ережесімен «БелАЗ» аумақтық кәсіпорындарына және бөлімшелеріндегі карьерлік техникаға міндетті қызмет көрсету бойынша жұмыс тәртібі анықталды.

БелАЗ карьерлік техникасының сервистік қызмет етуін әрі қарай жетілдіру Ресей мен ТМД елдеріндегі тау-кен жұмыстарына сервистік қызмет ету жүйесіне арнайы сервистік кәсіпорын «сервистік орталық» құру арқылы кезеңмен ету арқылы жүргізіледі.

Әдебиеттер тізімі

1. Режим доступа: <https://mining-media.ru/ru/article/karertekh/1811-postroenie-tekh>.

Қабылданды 07.02.2020

МРНТИ 73.31.17

А.С. Кадыров¹, С.Ш. Аманбаев¹, К.Г. Балабекова¹

¹Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

ВОЗМОЖНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ОПОР МОБИЛЬНОГО ПУТЕПРОВОДА И ИХ РАСЧЕТ

В статье рассматривается конструкция опор мобильного путепровода. Описывается вариация опор. Разработана математическая модель для возможных конструкций опор мобильного путепровода.

Мақалада мобильді жол өтпесінің тіреулерінің құрылымы қарастырылған. Тіреулердің түрленуі қарастырылған. Мобильді жол өтпесінің мүмкін құрылымдары үшін математикалық үлгі еңделген.

The article discusses the design supports of mobile overpass. The described is variation of the supports. A mathematical model has been developed for possible structures supports of the mobile overpass.

Ключевые слова: опора, мобильный путепровод, дорожные заторы.

Одной из наиболее проблем современных городов, нарушающих оперативное функционирование всей городской инфраструктуры, являются многочисленные дорожные заторы (автомобильные пробки), возникающие из-за недостаточной пропускной способности городских улиц, которая носит как перманентный, так и эпизодичный характер.

Ежедневно, в определенное время, многие автомагистрали, автострасы, скоростные дороги все больше напоминают огромные автостоянки. Такие заторы накладывают большие затраты на экономику и общество. Во-первых, очевидно то, что перемещение из одного места в другое занимает гораздо больше времени, чем должно. Кроме того, время в пути становится менее предсказуемым – даже незначительное событие или потеря внимания могут привести к внезапному замедлению движения. Поток останавливается, и образуется затор. Кроме того, что заторы экономически невыгодны, они также являются экологической проблемой. Все это значительно усложняет охрану природы и контроль над выбросами вредных веществ в окружающую среду, а также становится причиной таких явлений, как агрессивное поведение водителей на дороге и дорожно-транспортные происшествия [1].

С целью решения проблемы пробок (автомобильных заторов) предлагается конструкция мобильного путепровода (рис. 1).

В сфере строительства мостов и путепроводов сооружение опор – достаточно сложный и трудоемкий процесс с повышенной степенью ответственности. Это относится и к строительству мобильного путепровода, и к конструкции его опор. Еще на стадии проектирования с помощью правильного выбора типа опоры мобильного путепровода, оптимизации составляющих ее элементов, а также учета условий местности и назначения наиболее подходящей технологии строительства должны решаться проблемы по обеспечению надежности опор мобильного путепровода, уменьшению материальных расходов и трудозатрат на их конструирование.



Рисунок 1 – Мобильный путепровод

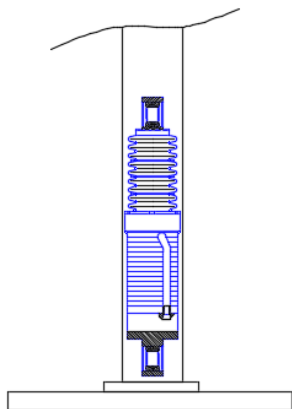
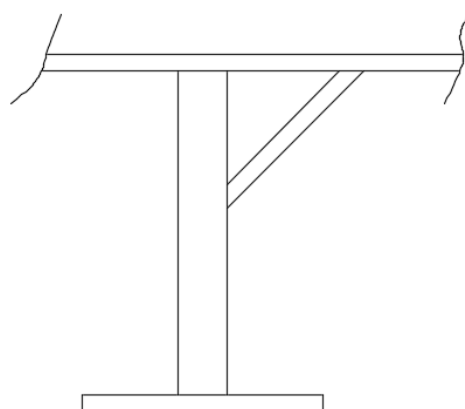
Для определения конкретного типа опоры был произведен анализ уже существующих видов опор путепроводов, эстакад и мостов по всему миру, на основе которого были представлены возможные вариации конструкции опор для мобильного путепровода. Каждая возможная конструкция отличается формами, материалами, из которых будет состоять, степенью сложности возведения, архитектурными особенностями в плане дизайна, передачей возможных нагрузок на основание [2, 3].

Функциональным предназначением опор мобильного путепровода является передача на основание (для случая с мобильным путепроводом основанием будет служить асфальтобетон) горизонтальных и вертикальных нагрузок со стороны веса конструкций модулей (пролетных строений) путепровода, проезжающих автомобилей, силы ветра. Опора для будущей конструкции должна выдерживать все нагрузки как динамического, так и статического характера.

Ниже описаны вариации опор для мобильного путепровода, приведены их схематичные изображения.

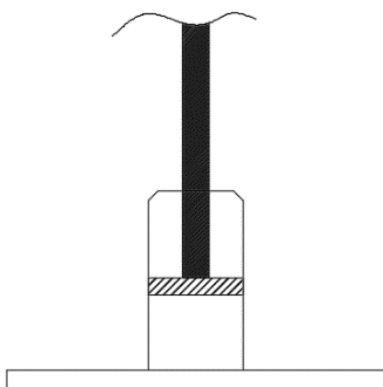
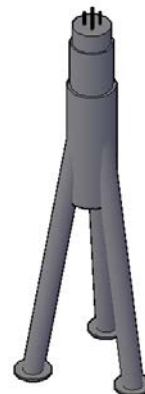
Конструкция опоры, изображенная на рис. 2, подразумевает использование внутри столбчатой трубы амортизирующего устройство, которое будет подавлять динамические нагрузки (колебания), создаваемые транспортными средствами на модулях мобильного путепровода. Конструкция опоры состоит из основания, которым является асфальтобетон, плиты опоры, трубы опоры и установленного в ней амортизатора. Применение амортизирующего устройства, по сути, жизненно необходимо для будущей конструкции мобильного путепровода, поскольку создаваемые проезжающими автомобилями колебательные нагрузки будут неблагоприятно влиять на всю конструкцию в целом, что может привести к ее обрушению, а в последствии и к дорожно-транспортным происшествиям.

Следующий вид опор для мобильного путепровода представляет собой стандартную конструкцию опоры с плитой, телом опоры и подкосами для еще большего опирания. Подкосы или раскосы смогут придать конструкции дополнительную жесткость, а также обеспечить противодействие ветровым нагрузкам. За счет своей диагональной формы балка передает усилия от нижнего узла к верхнему. Изображение такого вида опор показано на рис. 3.

*Рисунок 2 – Конструкция опоры с амортизатором**Рисунок 3 – Конструкция опоры с подкосами*

На рис. 4 изображена конструкция опоры, похожая на вариацию опоры с рис. 1. Она также имеет устройство, которое будет подавлять вибрацию со стороны транспортных средств, проезжающих по модулям мобильного путепровода.

На рис. 5 показана иллюстрация возможной конструкции опоры треножной формы. Такая вариация близка по своему строению с устройствами домкратов с большой грузоподъемностью. Конструкция представляет собой треножную опору с гидравлическим устройством и телескопическими механизмами, чтобы была возможность ее ровной установки на не совсем ровной поверхности асфальтобетона. Тело опоры (труба опоры) имеет возможность выдвигаться вверх и опускаться вниз. При выдвижении по вертикальной оси конструкция будет стремиться к модулям для дальнейшего соединения. Это соединение будет осуществляться при помощи шпилек, установленных на оголовке (верхней конструкции опоры). Также опору можно оснастить балками, чтобы обрешетить опоры между собой, но такой вариант не всегда и не везде сможет найти свое применение.

*Рисунок 4 – Опора с устройством подавления вибрации**Рисунок 5 – Конструкция треножной опоры*

Снизу опорной конструкции, между основанием и плитой опоры будут установлены резиновые полотна, обеспечивающие подавление колебательных нагрузок со стороны автомобилей, которые будут пересекать пролетные строения (модули) мобильного путепровода. Смягчающее резиновое полотно работает по принципу диссипации энергии. Другими словами, диссипация энергии – это рассеивание, переход какой-либо части энергии упорядоченных процессов, например кинетической энергии, в энергию неупорядоченных процессов, что в конечном итоге переходит в тепловую энергию.

Наряду с металлом, для опорных частей мобильного путепровода можно использовать резину, фторопласт, неопрен с тефлоном и другие материалы из полимера. Такие материалы обладают достаточно небольшим коэффициентом трения и отличаются высокой прочностью.

Следующий вид опор представляет собой футуристическую конструкцию. Она будет выполнена из сверхпрочных полимеров, созданных при помощи нанотехнологий. Тело опоры, округленное на основании, распирается к верхней части конструкции. Изображение данного типа опоры показано на рис. 6.

На рис. 7 изображена конструкция опоры, больше схожая с конструкцией монолитных бетонированных опор. На оголовке опоры имеет отверстие, через которое она будет соединяться с модулями мобильного путепровода. Сверху конструкция опоры напоминает форму символа «X».

Возможно, в случае двух составленных модулей мобильного путепровода делать 4 опоры, а не 8, поскольку данный тип опоры может быть установлен между двух модулей.

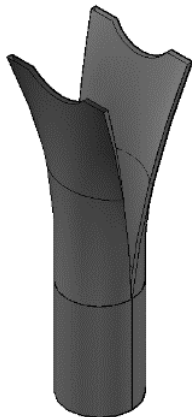


Рисунок 6 – Конструкция опоры из сверхпрочного полимера

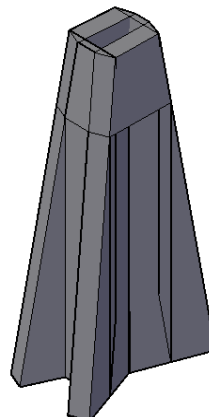


Рисунок 7 – X-образная конструкция опоры

Любая опора испытывает нагрузку со стороны проезжающего транспорта. Нагрузка на опору от самого мобильного путепровода постоянная, поэтому с учетом того, что существующая осадка опоры равна начальной осадке опоры $x = x_n$, рассматриваем уравнение только от движения автомобиля [4]:

$$Q - \sigma_{\text{вд}} S = ma, \quad (1)$$

где Q – нагрузка, оказываемая на опору мобильного путепровода; $\sigma_{\text{вд}}$ – сопротивление вдавливанию или модуль объемной деформации грунта; S – площадь опоры в месте контакта с основанием; m – масса автомобильного транспорта.

Дифференцируем уравнение (1):

$$\begin{aligned} x'' &= \frac{dx'}{dt}, \\ m \frac{dx'}{dt} &= Q - \sigma_{\text{вд}} S, \\ \int dx' &= \left(\frac{Q - \sigma_{\text{вд}} S}{m} \right) \int dt, \\ x' &= \left(\frac{Q - \sigma_{\text{вд}} S}{m} \right) t + C_0, \end{aligned}$$

при $t = 0$ и $x' = 0$, производная постоянная C_0 равна нулю $C_0 = 0$.

$$\begin{aligned}x' &= \frac{dx}{dt}, \\ \frac{dx}{dt} &= \left(\frac{Q - \sigma_{\theta\theta} S}{m} \right) t, \\ \int dx &= \left(\frac{Q - \sigma_{\theta\theta} S}{m} \right) \int t dt, \\ x &= \left(\frac{Q - \sigma_{\theta\theta} S}{m} \right) \frac{t^2}{2} + x_n, \\ t &= t_u.\end{aligned}$$

В результате дифференцирования уравнения (1) получается, что площадь опоры S в месте контакта с основанием (грунт, на который она опирается) определяется по зависимости:

$$S = \frac{2m(x - x_n)}{\sigma_{\theta\theta} t^2} + Q. \quad (2)$$

где m – масса автомобильного транспорта; x – существующая осадка; x_n – начальная осадка; Q – нагрузка, оказываемая на опору мобильного путепровода; $\sigma_{\theta\theta}$ – сопротивление вдавливанию или модуль объемной деформации грунта; t – время проезда автомобильного транспорта.

Этот расчет необходим для всех опор вне зависимости от их конструкций.

По формуле (2) видим, что площадь опоры прямо пропорциональна массе автомобильного транспорта, осадке и нагрузке, оказываемой на опору. Таким образом, чем выше будет нагрузка на опору мобильного путепровода, тем больше должна быть и ее площадь.

При выборе типа опоры мобильного путепровода конструкция должна обеспечивать с учетом местных условий прочность элементов основания, отсутствие недопустимых осадок или смещений, а также минимальные расходы на сооружение, возможность индустриализации и механизации, безопасность условия труда.

Список использованной литературы

1. Kadyrov A.S., Balabekova K.G., Ganyukov A.A., Akhmediyev S.K. The constructive solution and calculation of elements of the unified module of the mobile bridge overcrossing // Transport problems. – Poland: The Silesian University of Technology, 2017. – Volume 12. – P. 59-71
1. Кадыров А.С., Кадырова И.А. Основы научных исследований. – Караганда: КарГТУ, 2015. – 267 с.
1. Шакенов А.А., Нурмагамбетов А.М., Балабекова К.Г. Разработка конструкции и методы расчета опор мобильного путепровода // Междунар. науч. конф. «Сагиновские чтения». – Караганда: КарГТУ. – 2015. – 334 с.
2. Шакенов А.А. Конструкция и расчет опор для мобильного путепровода // IV Междунар. науч. практ. конф. «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их решения», посвященная 20-летию Евразийского нац. ун-та им. Л.Н. Гумилева. – Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. – 2016. – 153 с.

Получено 07.02.2020

MFTAA 55.42.27

Б.К. Калиев¹, Т.И. Исинтаев¹, А.В. Гриценко^{2,3}, А.Ю. Бурцев⁴, А.А. Горбачев³¹А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай қ., Қазақстан²Оңтүстік-Орал мемлекеттік университеті (ұлттық ғылыми университеті), Челябинск қ., Ресей³Оңтүстік-Орал мемлекеттік аграрлық университеті, Челябинск қ., Ресей⁴Т.Ф. Горбачев атындағы Кузбас мемлекеттік техникалық университеті, Белово қ., Ресей

ІШТЕН ЖАНАТЫН ДИЗЕЛЬДІ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДЫҢ ТУРБОКОМПРЕССОРЫНЫҢ МАЙЛАУ ЖҮЙЕСІН ЗЕРТТЕУ

Мақалада дизель қозғалтқышының турбокомпрессорын майлау жүйесі мәселелері қарастырылған. Турбокомпрессордың пайдалану сенімділігіне әсер ететін анықтаушы факторларға салыстырмалы талдау жүргізілді. Ғылыми жұмыстарды тереңдетіп талдау негізінде гидроаккумулятордың көмегімен және ротордың шығу уақытын төмендету үшін тежегіш қондырғыны қолдана отырып қозғалтқышты тоқтатқаннан кейін турбокомпрессор роторының мойынтіректерін майлауды ұйымдастыру тұжырымдалды.

В статье рассмотрены системы смазки турбокомпрессора дизельного двигателя. Проведен сравнительный анализ определяющих факторов, влияющих на эксплуатационную надежность турбокомпрессора. На основе углубленного анализа научных работ сформулированы организация смазки подшипников ротора турбокомпрессора после остановки двигателя с помощью гидроаккумулятора и применение тормозного устройства для снижения времени выбега ротора.

The article addresses the issues of the lubrication system of the turbocharger. A comparative analysis of the determining factors affecting the operational reliability of the turbocharger. On the basis of an in-depth analysis of scientific work, the organization of the lubrication of the rotor bearings of the turbocharger after the engine was stopped with the help of a hydraulic accumulator and the use of a braking device to reduce the rotor run-down time was formulated.

Түйін сөздер: іштен жанатын қозғалтқышы, турбокомпрессор, ротордың қозғалыстан шығуы, гидравликалық аккумулятор, тежегіш құрылғысы, ресурстар.

Қозғалтқыштың қуатын ұлғайтудың бірнеше жолы бар, бірақ дизельді қозғалтқыштың ең тиімді жолы турбокомпрессор (ТКР) болып табылады. Сонымен қатар турбокомпрессордың бірқатар кемшіліктері бар. Мысалы, турбокомпрессор ресурсы қозғалтқыштың ресурсынан айтарлықтай азырақ [1]. Турбокомпрессор – ауаны (газды) қысуға және беруге арналған ортадан тепкіш немесе осьтік қалақты компрессор [2]. Ішкі жанатын қозғалтқышының (ІЖК) пайдаланылған газдарының энергиясын пайдалана отырып, газды турбиналық үрлеу қозғалтқышын жасау тәжірибесінде неғұрлым кеңінен қолданылатын болып табылады [3].

ТКР пайдалану сенімділігіне әсер ететін анықтаушы факторларға салыстырмалы талдау жасай отырып, ТКР – құйылудың негізгі ақаулығының себептері туралы қорытынды жасалды:

1. Шектік жағдайларда ТКР жұмысы кезінде параметрлердің (динамикалық және температуралық) ауытқу мәндерінің артуы тұрақты процестердің бұзылуына әкеледі.

2. ТКР майлау арналарында майды кокстау құбылысы.

3. Турбина аумағында ТКР бөлшектерінің осьтері мен тесіктерін келісу (ығыстыру) құбылысы.

4. ТКР есебінен майды тұтынуды ұлғайту.

5. Саңылауларды азайтуға әкелетін ТКР корпусының деформациясы.

6. Дизель қозғалтқышы тоқтаған кезде ТКР бөлшектерінің жергілікті қызып кетуі.

7. Дизель тоқтағаннан кейін майлау болмаған кезде ТКР мойынтіректерінің қарқынды тозуы.

8. ТКР-ға майлайтын майдың жеткіліксіз түсуі (май тапшылығы) [4].

ТКР-дан қозғалтқыштың майлау жүйесіне майдың жеткіліксіз түсуі турбокомпрессорды салқындату және мойынтіректердің май жағуын нашарлатады, содан ротордың істен шығуына әкелуі мүмкін. Пайдалану сенімділігін арттыруды қамтамасыз ету үшін, қозғалтқыш тоқтаған кезде турбокомпрессор роторының шығу кезеңінде мойынтіректерді майлау мен салқындатуды қамтамасыз ету және оның шығу уақытын шектеу қажет.

Ғылыми жұмыстарды, әдеби және жобалық сұлбаларды терең талдау негізінде, гидравликалық аккумулятордың көмегімен қозғалтқышты тоқтатқаннан кейін турбокомпрессордың роторының

мойынтірегін майлауды ұйымдастыру және ротордың шығу уақытын төмендету үшін тежегіш құрылғысын қолдану арқылы ІШҚ пайдалану сенімділігін арттыру үшін қалыптастырылған ғылыми болжам.

Жұмыс мақсаты. Қозғалтқышты тоқтатқаннан кейін үйкеліс буындарын майлауды ұйымдастыру және тежегіш құрылғысының көмегімен ротордың шығу уақытын азайту есебінен автокөлік және трактор қозғалтқыштарының турбокомпрессорларының пайдалану сенімділігін арттыру.

Зерттеудің келесі міндеттері жасалды:

- ТКР пайдалану сенімділігінің төмендеу себептерін талдау;
- ротордың тежелу процесі параметрлерінің кері қысымның пайда болу жағдайларына тәуелділігін ғылыми тәжірибеде анықтау.

Теориялық зерттеулер

ТКР роторының қозғалыс теңдеуін жалпы түрде осылай жазуға болады [5]:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_T - M_K - M_M, \quad (1)$$

мұндағы $J \cdot \frac{d\omega}{dt}$ – ротордың қозғалыстағы массаларының инерция күштерінің моменті, $H \cdot m$; J –

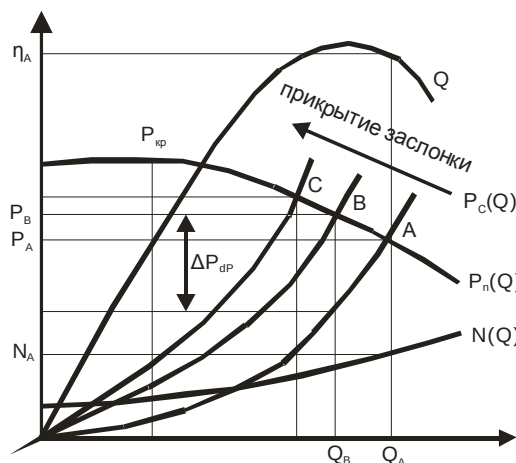
оське қатысты ротордың инерция моменті, $kg \cdot m^2$; $\frac{d\omega}{dt}$ – ротордың бұрыштық үдеуі (баяулауы),

$\frac{rad}{c^2}$; M_T – дамушы турбинаның тиімді моменті, $H \cdot m$; M_K – компрессорда қолданатын момент, $H \cdot m$; M_M – ротордың айналуына механикалық кедергі моменті, $H \cdot m$.

Турбинаға ауа беруді өшіру сәтінде M_K және M_T нөлге тең, ротордың жүріс режимінде қозғалыс теңдеуі келесі түрде болады [6]:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_{TOOP}. \quad (2)$$

Компрессордың жұмыс режимін тежеу кезін графиктік түрде анықтауға болады, ол жалпы қысым P_n , қуаты N және ПӘК өнімділікке тәуелді болатын компрессордың толық сипаттамасына желінің сипаттайтын (клапанның жабылу дәрежесін) қоя отырып (1-сурет) көрсетілген. Желі сипаттамалары мен жалпы қысымның қиылысу нүктесі жұмыс мәні болып табылады және қысымның шамасы мен компрессордың өнімділігін анықтайды.



1-сурет – Реттеу желісі және турбокомпрессорының қысым сипаттамасы

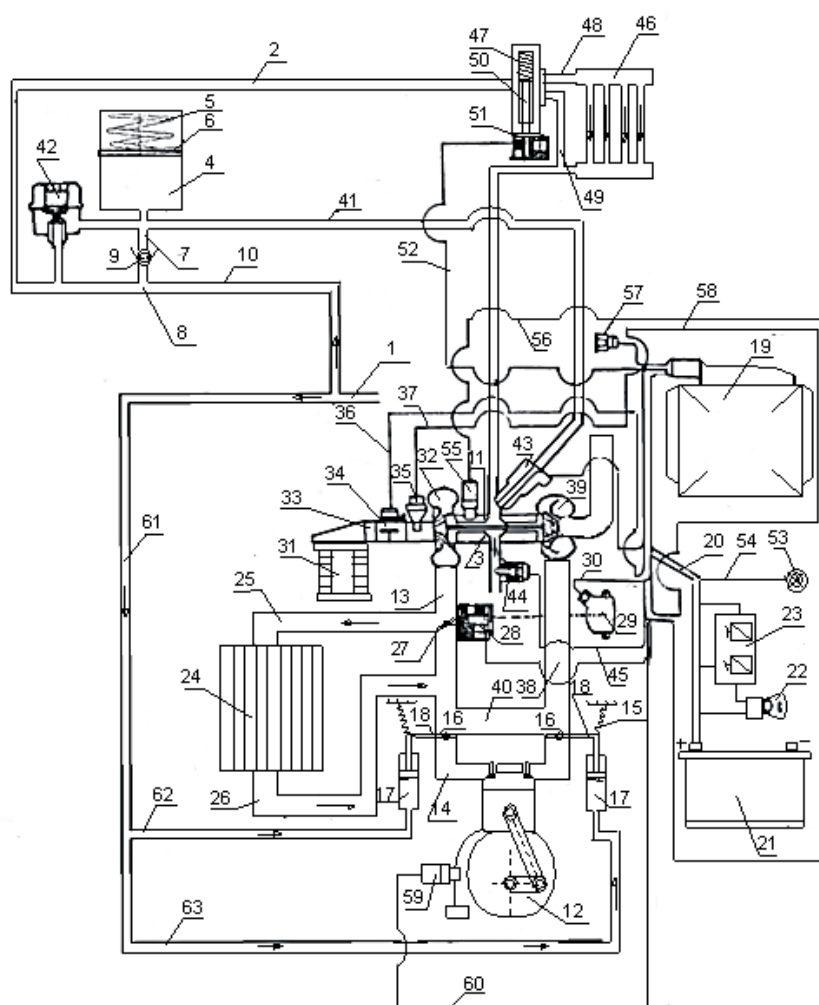
Толық ашық жапқыш кезінде желінің сипаттамасы жолақ болып табылады және жұмыс режимі А нүктесімен анықталады. Бұл нүкте Q_A өнімділігінің мәндеріне және P_A қысымына сәйкес келеді. Белгілі өнімділігі бойынша тұтынылатын N_A қуатын және η_A пайдалы әсер коэффициентін анықтаймыз.

Жапқышты жабу кезінде кедергі (қысымға қарсылық) өсіп, желінің сипаттамасы артады. Жұмыс істеуші нүкте А күйінен В күйіне, сосын С күйіне ауысады. Бұл нүктелер компрессордың, соған сәйкес жалпы ТКР жұмысының жаңа параметрлерін анықтайды.

Тежелудің дроссельді тәсілі компрессордың берілісін азайту арқылы жүзеге асырылады (1-сурет). Дроссельдеу нәтижесінде ТКР білігіндегі қуат ротордың жылдам және тегіс тежелуі қамтамасыз етілгеннен кемиді. Мысалы, В нүктесіне дейін дроссельдеу $\Delta P_{др}$ дросселіндегі қысымның азаюына әкеледі [6].

Зерттеу әдістемесі

Бұл мақалада пайдалануда ТКР сенімділігін арттыруға бағытталған жаңа конструктивтік әзірлеу ұсынылады. ІЖҚ турбокомпрессорының майлау жүйесінің сұлбасы көрсетілген (2-сурет).



2-сурет – Гидравликалық аккумуляторы бар ІЖҚ турбокомпрессорын майлау жүйесі [7]: 1 – бас май магистралі; 2 – арынды құбыр; 3 – ТКР мойынтірегі; 4 – гидравликалық аккумулятор; 5 – серіппе; 6 – поршень; 7, 48 – кіріс құбырлары; 8 – үштармақ; 9 – кері клапан; 10 – бастапқы құбыр; 11 – ТКР; 12 – ІЖҚ; 13 – келтеқұбыры; 14 – сорғыш келтеқұбыры; 15 – тежегіш құрылғысы; 16 – жапқыш; 17 – гидроцилиндр; 18 – се-

ріппелі қолтық; 19 – электрондық басқару блогы; 20, 30, 36, 37, 45, 52, 54, 56, 58, 60 – өткізгіштер; 21 – аккумулятор; 22 – тұтандыру кілті; 23 – басқару релесі; 24 – интеркуллер; 25 – кіру келте құбыры; 26 – шығу келте құбыры; 27 – жапқыш; 28, 51 – қадамдық қозғалтқышы; 29 – жапқыш датчигі; 31 – ауа тазартқышы; 32 – ТКР доңғалағы; 33 – қосу келте құбыры; 34 – ауа шығынының датчигі; 35 – ауа температура-сының датчигі; 39 – шығару келте құбыры; 40 – байпас келте құбыры; 41 – форсунка құбыры; 42 – қысым реттеуіші; 43 – электромагниттік клапан-форсункасы; 44 – май температурасының датчигі; 46 – май суытқышы; 47 – реттығын құрылғысы; 49 – айналма құбыры; 50 – реттығын; 53 – бақылау шамы; 55 – ТКР айналым датчигі; 57 – диагностикалық ажыратқыш; 59 – иінді біліктің орналасу датчигі; 61 – тежегіш құрылғы магистралы; 62 – бастапқы магистраль; 63 – қайталанатын магистраль

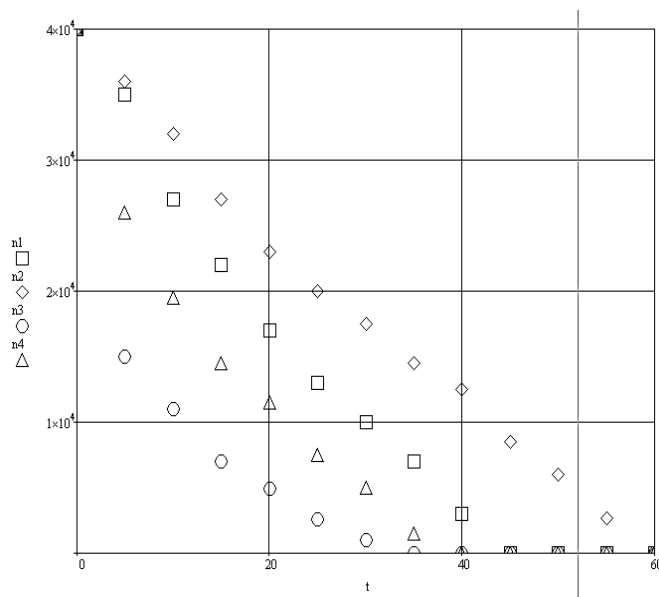
Бұл құрылғы ДЖҚ тоқтағаннан кейін сыртқы ауа температурасына және ротордың жүріс режимінде ТКР жұмысына байланысты турбокомпрессор турбинына қосымша суыту үшін ауа температурасын реттеуге, сондай-ақ турбокомпрессор мойынтірегінің майлауға және салқын-датуға түсетін май температурасын өзгертуге мүмкіндік береді. Бұл құрылғы жылу соққысынан және турбокомпрессор турбины бөлшектерінің сынуынан құтылуға мүмкіндік береді.

Ұсынылған техникалық құрылғы өзінің нәтижесін, ТКР роторының қозғалыстан шығу режимінде, ДЖҚ кенеттен (жүктеме кезінде авариялық) тоқтау кезінде майлайтын май және ТКР каналдарындағы майлау жүйесінің қалдықтарының кокстелуінің басталуын жою, ары қарай 600-700 °C температурадағы турбинаның бөлшектерінің температурасын төмендету үшін турбиналық компрессордың мойынтірегіне майды реттемелі (көлемі, уақыты және температурасына байланысты) және сорғылық дөңгелекпен қысылған турбиналық компрессорға шамамен 100 °C ауаны реттемелі (температураға байланысты) жіберіп, мойынтірек, ротор, корпус пен жалпы ТКР пайдаланушылық сенімділікті арттыру арқылы көрсетеді

Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері

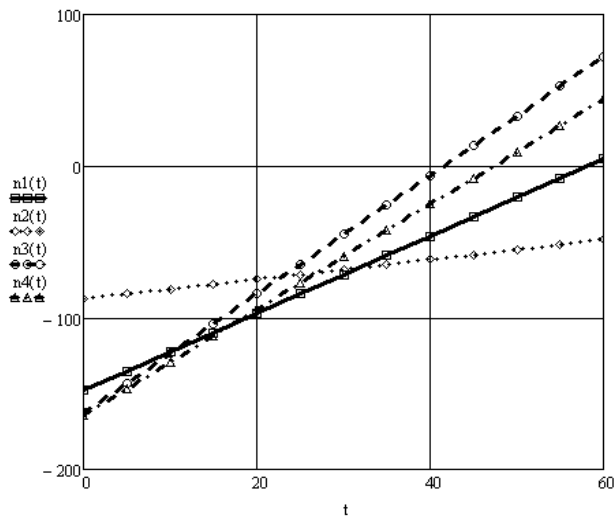
Теориялық алғы шарттарды растау үшін ТКР-11 турбокомпрессорларының шығу уақытын бағалау бойынша тәжірибелік зерттеулер жүргізілді [6, 8].

Алынған ғылыми-тәжірибелік нәтижелерді ТКР роторының төрт түрлі нұсқасымен салыстыруға болады. ТКР-11 маркалы турбокомпрессор роторының айналу жиілігінің шығу уақытынан ғылыми-тәжірибелік алынған тәуелділігі көрсетілген (3-сурет).



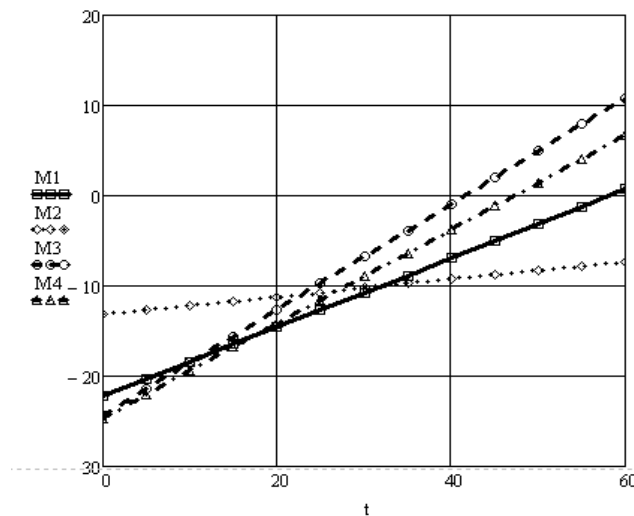
3-сурет – Айналу жиілігінің тәуелділігі $n1$, $n2$, $n3$, $n4$ жүру уақыты t , с: 1 – ротордың штаттық режимде шығуы; 2 – қосылған гидравликалық аккумуляторы бар ротордың шығуы; 3 – тежегіш құрылғысы бар ротордың шығуы; 4 – қосылған гидравликалық аккумуляторы және тежегіш құрылғысы бар ротордың шығуы

Бос жүріс астында баяулау шамасын анықтау үшін ТКР роторының айналу жиілігінен бірінші туындыны есептеу жүргізілді. Нәтижесінде ТКР роторының баяулауы ротордың шығу уақытынан тәуелділік алынып көрсетілген (4-сурет).



4-сурет – Баяулау тәуелділігі $n1(t)$, $n2(t)$, $n3(t)$, $n4(t)$ рад/с² жүру уақыты t , с

ТКР роторының айналуына кедергі моментінің мәнін анықтау үшін ТКР роторының инерция моментіндегі баяулау мәндерін көбейту қажет. Нәтижесінде тежеуіш моментінің ротордың шығу уақытына тәуелділігі көрсетілген (5-сурет).



5-сурет – Жүру уақытынан байланысты t , с тежегіш моментінің тәуелділігі $M1$, $M2$, $M3$, $M4$, Н·м

3, 4 және 5-суреттерде деректерді талдау кезінде және жалпы жұмыс нәтижелері бойынша қорытынды жасауға болады:

– гидравликалық аккумуляторы мен тежегіш құрылғыны бірлесіп пайдаланған кезде ротордың шығу уақытының саны бос жүрістегі уақыт санымен салыстырғанда орташа 30-35 % ға азайды (4-сызық, 3, 4, 5-суреттер). Бұл шара ТКР істен шығу санын 10-15 %-ға және ауылшаруашылығында пайдалану кезінде агрегаттардың тоқтап қалу уақытын төмендетуге мүмкіндік береді. Өртүрлі

меншікті қуаты бар тракторлар мен пайдалану маусымы үшін 160-320 мың теңге шегіндегі есептік экономикалық тиімділігін береді.

Дизель қозғалтқышының турбокомпрессорын майлау жүйесінде орнатылған гидравликалық аккумуляторы ТКР роторының мойынтіректерін үнемі майлауға және салқындатуға мүмкіндік береді. Гидравликалық аккумуляторы мен тежегіш құрылғысын бірлесіп пайдалануын турбокомпрессордың құрғақ үйкеліс және апаттық істен шығу қаупін азайтады.

Әдебиеттер тізімі

1. Бурцев А.Ю., Плаксин А.М., Гриценко А.В. Повышение эксплуатационной надежности турбокомпрессоров дизелей тракторов // Журнал АПК России. – 2015. – Т. 72/1. – С 23-25.
2. Гриценко А.В., Исинтаев Т.И., Калиев Б.К. Влияние различных факторов на устойчивость вращения ротора турбокомпрессора ДВС // «Байтурсиновские чтения 2018»: матер. междунар. науч.-практ. конф. 19-20 апреля 2018 года. – С. 165-170.
3. Макушев, Ю.П. Агрегаты наддува двигателей: Учеб. пособие. / Ю.П. Макушев, С.В. Корнеев, В.В. Рындин. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – 58 с.
4. Бурцев А.Ю. Повышение работоспособности турбокомпрессора ДВС применением автономного смазочно-тормозного устройства на мобильных энергетических средствах, эксплуатирующихся в сельском хозяйстве: Дис. ... канд. техн. наук. – Троицк: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. – 23 с.
5. Гриценко А.В., Плаксин А.М., Бисенов С.Э., Глемба К.В., Лукомский К.И. Диагностирование системы выпуска двигателей внутреннего сгорания путем контроля сопротивления выпускного тракта // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8 (Ч. 2). – С. 322-326.
6. Плаксин А.М., Гриценко А.В., Бурцев А.Ю., Глемба К.В., Лукомский К.И. Увеличение надежности турбокомпрессоров автотракторной техники применением гидроаккумулятора // Вестник Красноярского ГАУ. – 2014. – № 8. – С. 176-180.
7. Пат. 2 592 092 Рос. Федерация, МПК F01M 1/08. Система смазки турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания / Бурцев А.Ю., Гриценко А.В., Плаксин А.М.; заявитель и патентообладатель Южно-Уральский гос. аграр. ун-т. – №2015116204/06; заявл. 28.04.2015; опубл. 20.07.16, Бюл. № 20.
8. Плаксин А.М., Гриценко А.В., Бурцев А.Ю. Результаты экспериментальных исследований времени выбега ротора турбокомпрессора ТКР-11 // Вестник ЧГАА. – 2014. – Т. 70. – С. 130-135.

Қабылданды 07.02.2020

МРНТИ 53.03.09

Б.С. Келаманов¹, Е.У. Жумағалиев², Е.К. Самуратов¹, А.М. Ақуов¹, А.М. Әбдірашит¹

¹Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова, г. Актобе

²Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ Fe-Si-Al-C МЕТОДОМ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ-ДИАГРАММНОГО АНАЛИЗА

В статье приведены результаты расчета термодинамических параметров соединений, образующихся между компонентами системы. С помощью них проведен полный термодинамически-диаграммный анализ (ТДА) системы Fe-Si-Al-C с учетом конгруэнтных соединений. В результате которого установлено, что данная система состоит из 6 элементарных тетраэдров. Сумма относительных объемов элементарных тетраэдров равна единице (1,000000), что подтверждает верность проведенной тетраэдрации.

Мақалада жүйе компоненттерінің арасында түзілетін термодинамикалық параметрлерді есептеудің нәтижелері келтірілген. Олардың көмегімен Fe-Si-Al-C жүйесінің конгруэнтті қосылыстары ескеріле отырып толық термодинамикалық-диаграммалық талдануы жүргізілді. Осы мәліметтер арқылы метатұрақты қосылыстар ескеріле отырып жүйенің тетраэдрациясы тұрғызылды. Нәтижесінде бұл жүйе 6 қарапайым тетраэдрден тұратыны бекітілді. Қарапайым

тетраэдрлардың салыстырмалы көлемдерінің қосындысы бірге (1,00000) тең болды, яғни бұл жүргізілген тетраэдрацияның дұрыстығын растайды.

The results of calculation of the thermodynamic parameters of the compounds formed between the components of the system are given in this article. With the help of them, a complete thermodynamic-diagram analysis of the Fe-Si-Al-C system was carried out taking into account congruent compounds. According to these data, the tetrahedral system is constructed with metastable compounds taken into account. As a result, it is established that this system consists of 6 elementary tetrahedrons. The sum of the relative volumes of elementary tetrahedrons is equal to unity (1.00000), which confirms the correctness of the tetrahedron performed.

Ключевые слова: ферросиликоалюминий, диаграмма состояния, термодинамика, триангуляция, тетраэдрация.

Диаграммы состояния разнообразных систем содержат в себе ценную информацию о составе и структуре предполагаемых продуктов плавки и служат для получения расплавов максимально близких к заданным составам и определенной температурной зоны процесса, тем самым прогнозируя их свойства и способы технологических режимов получения.

Термодинамически-диаграммный анализ (ТДА) сложных систем является наиболее простым и при этом точным методом изучения фазовых закономерностей в сравнении с классическими термодинамическими исследованиями процессов металлургии. Эффективностью метода, как приложения к металлургической технологии, является возможность выявить особенности фазового строения образующихся расплавов в процессе металлургического передела различных сырьевых материалов. На основе результатов таких исследований строят диаграммы фазового состава позволяющие проследить фазовый метаморфизм и прогнозировать конечное состояние отдельно взятой системы, моделирующей состав исследуемого расплава.

В данной работе рассматривается возможность построения такой диаграммы для системы Fe-Si-Al-C, характеризующей составы ферросиликоалюминия различных марок.

Для проведения триангуляции этой металлической системы возникает необходимость в определении значений энергии Гиббса (ΔG_{298}) всех соединений, образующихся между компонентами системы. Справочные данные о ΔG_{298} для некоторых соединений системы взяты из [1]. Однако значения ΔG_{298} практически для многих соединений отсутствуют.

Значение стандартной энергии Гиббса любого соединения при любой температуре можно определить используя известное уравнение Гиббса-Гельмгольца при известном ΔH_T^0 и ΔS_T^0 (индекс T указывает на температурную зависимость) [2]:

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_T^0 - T\Delta S_T^0. \quad (1)$$

Поскольку для многих соединений системы не имеются не только значения ΔS_{298}^0 , но и сведения об их теплоемкости как в твердом, так и в жидком состояниях, в работе поставлена задача построения диаграммы фазового строения системы Fe-Si-Al-C только при стандартной температуре (298 K).

Для определения значений ΔS_{298}^0 соединений, для которых в справочниках отсутствуют данные, применили метод Герца [2, 3], по которому стандартную энтропию элементов можно найти по формуле:

$$S_{298}^0 = K_z \cdot (M/C_{p,298})^{1/3} \cdot m, \quad (2)$$

где K_z – постоянная Герца (20,5); M – молекулярная масса; $C_{p,298}$ – молярная теплоемкость при 298 K; m – число атомов в соединении.

В связи с тем, что метод Герца с фиксированным значением $K_z = 20,5$ не позволяет получать высокую точность, авторы [2] усовершенствовали ее и установили, что имеется хорошая зависимость между средними значениями K_z и M_a (молярной массой) элемента, являющегося в соединении анионами:

$$K_c = 33,5 \cdot \frac{x^2 \cdot e^x}{(e^x - 1)^2}, \quad (3)$$

где $x = 42,4/M_a$.

Это уравнение удобнее тем, что в нем отсутствует теплоемкость.

Таблица 1

Температуры плавления ($T_{пл}$) и характеристические температуры (Q_D) веществ в кристаллическом состоянии

Элемент	$T_{пл}, K$	Q_D, K
Fe	1808	373
Si	1700	689
Al	933	390
C	3780	1860

Расчет теплоемкости твердых веществ проводили по теории Дебая [3]. Необходимыми источниками для расчета по этой теории являются дебаевские характеристические температуры элементов, входящие в состав химического соединения и $T_{пл}$ этих элементов и самого соединения.

Из таблицы 1 находим исходные данные для расчета и определяем характеристические температуры элементов для конкретного соединения по формуле Корефа [3]:

$$Q'_D = Q_D \sqrt{T'_{пл} / T_{пл}}, \quad (4)$$

где, $T'_{пл}$ и $T_{пл}$ – температуры плавления соединения и элемента, соответственно.

Затем находим изохорную теплоемкость элементов с использованием функции Дебая и суммируем их.

Переход из изохорной теплоемкости в изобарную осуществляется при помощи уравнения Нернста-Линдемана [3]:

$$C_p = C_v + 0,0051 \cdot T \cdot C_p^2 / T_{пл}. \quad (5)$$

Полученные в результате расчета всех термодинамических параметров соединений в системе Fe-Si-Al-C приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета термодинамических параметров

Соединения	ΔG_{298}	ΔS_{298}	$C_{p,298}$
	кДж/моль	Дж/моль	
Fe ₂ Si	-82,887	104,01	72,06
FeSi	-76,5798	68,73	44,44
FeSi ₂	-73,2911	55,23	66,11
Fe ₂ Al ₅	-203,912	206,37	197,76
Fe ₃ C	18,4119	107,53	106

По данным работы [4] в системе Al-Si-C не имеются конгурэнтные соединения. При проведении триангуляции данной системы (рис. 1) образовалась 1 область (Al-Si-C).

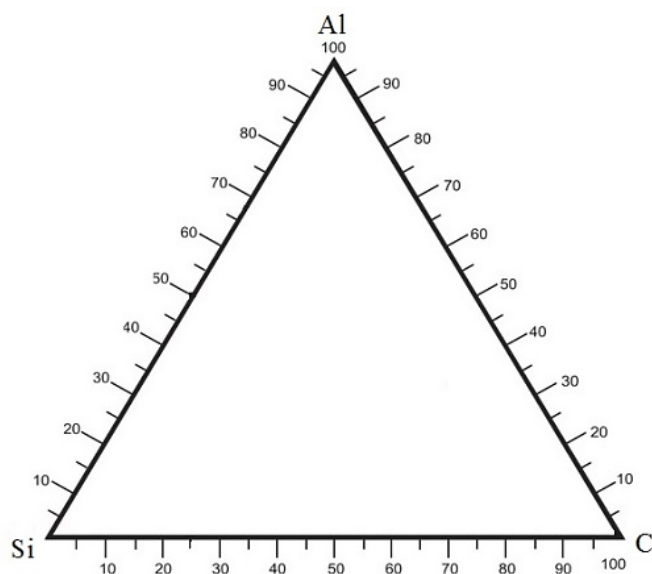


Рисунок 1 – Система Al-Si-C

По результатам работы [4] в системе Fe-Al-C обнаружено 2 конгруэнтных соединения – Fe_3C и Fe_2Al_5 . Эти соединения плавятся конгруэнтно при 1252 и 1173 °С, соответственно. В результате проведения триангуляции системы Fe-Al-C (рис. 2) с учетом этих двух соединений образуются 3 области ($\text{Fe-Fe}_3\text{C-Fe}_2\text{Al}_5$; $\text{Fe}_3\text{C-Fe}_2\text{Al}_5\text{-C}$; $\text{Fe}_2\text{Al}_5\text{-C - Al}$).

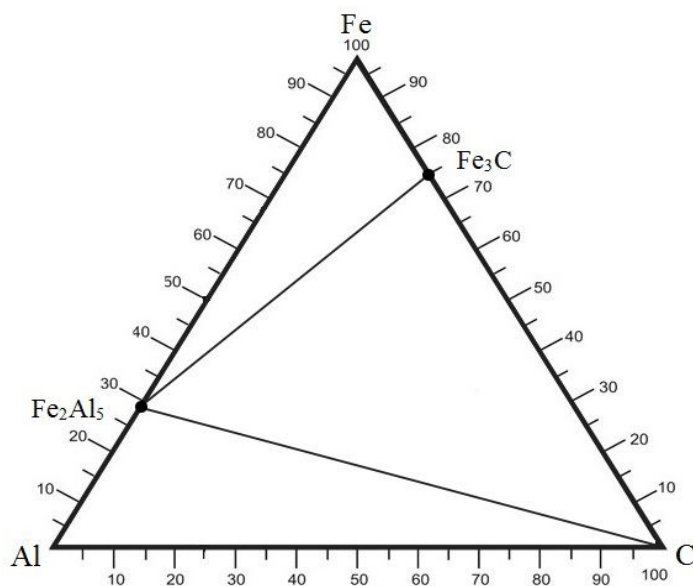


Рисунок 2 – Система Fe-Al-C

По данным работы [4] в системе Fe-Si-C имеются 4 конгруэнтных соединения – Fe_2Si , FeSi , FeSi_2 и Fe_3C . Эти соединения плавятся конгруэнтно при 1212, 1410, 1220 и 1252 °С, соответственно. При проведении триангуляции данной системы (рис. 3) образовались 5 областей ($\text{Fe-Fe}_3\text{C-Fe}_2\text{Si}$; $\text{Fe}_3\text{C-Fe}_2\text{Si-C}$; $\text{Fe}_2\text{Si-FeSi-C}$; $\text{FeSi-FeSi}_2\text{-C}$; Si-C-FeSi_2).

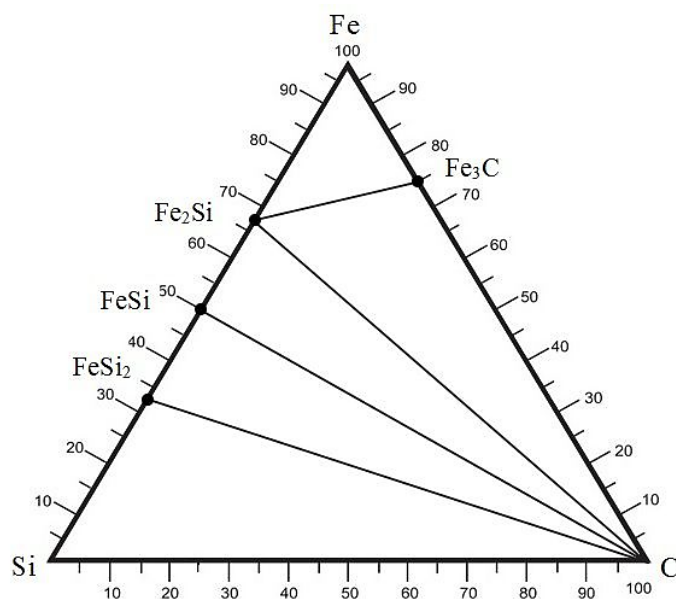


Рисунок 3 – Система Fe-Si-C

По данным работы [4] в системе Fe-Si-Al имеются 4 конгруэнтных соединения – Fe_2Si , FeSi , FeSi_2 и Fe_2Al_5 . Эти соединения плавятся конгруэнтно при 1212, 1410, 1220 и 1173 °C, соответственно. При проведении триангуляции данной системы (рис. 4) образовались 5 областей ($\text{Fe}_2\text{Al}_5\text{-Fe}_2\text{Si}$; $\text{Fe}_2\text{Si-Fe}_2\text{Al}_5\text{-FeSi}$; $\text{FeSi-Fe}_2\text{Al}_5\text{-FeSi}_2$; $\text{FeSi}_2\text{-Fe}_2\text{Al}_5\text{-Si}$; $\text{Si-Fe}_2\text{Al}_5\text{-Al}$).

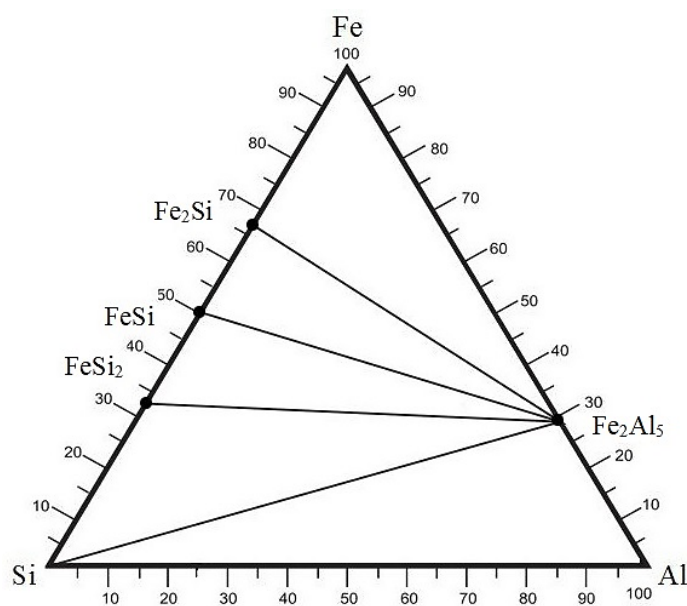


Рисунок 4 – Система Fe-Si-Al

Принятые координаты (на основе массовой доли *1000) конгруэнтных соединений системы Fe-Si-Al-C, используемых в дальнейшем при изучении их полей кристаллизации, приведены в таблице 3. В системе образуются 9 простых и сложных соединений.

Таблица 3

*Конгруэнтные и инконгруэнтные металлические соединения в системе Fe-Si-Al-C
и их координаты на четверном концентрационном симплексе (тетраэдре)*

№ пп.	Соединения	Координаты на основе массового состава			
		Fe	Si	Al	C
1.	Fe	1000	0	0	0
2.	Si	0	1000	0	0
3.	Al	0	0	1000	0
4.	C	0	0	0	1000
5.	Fe ₂ Si	800	200	0	0
6.	FeSi	667	333	0	0
7.	FeSi ₂	500	500	0	0
8.	Fe ₂ Al ₅	453	0	547	0
9.	Fe ₃ C	933	0	0	67

На рис. 5 приведен общий вид анализируемой системы с учетом метастабильных соединений. Система состоит из 6 элементарных тетраэдров, в скобках приводятся их объемы:

1. Fe₂Al₅-Al-C-Si (0,453000);
2. Fe₂Al₅-FeSi₂-C-Si (0,273500);
3. Fe₂Al₅-FeSi₂-C-FeSi (0,091349);
4. Fe₂Al₅-Fe₂Si-C-FeSi (0,072751);
5. Fe₂Al₅-Fe₂Si-C-Fe₃C (0,102070);
6. Fe₂Al₅-Fe₂Si-Fe-Fe₃C (0,007330).

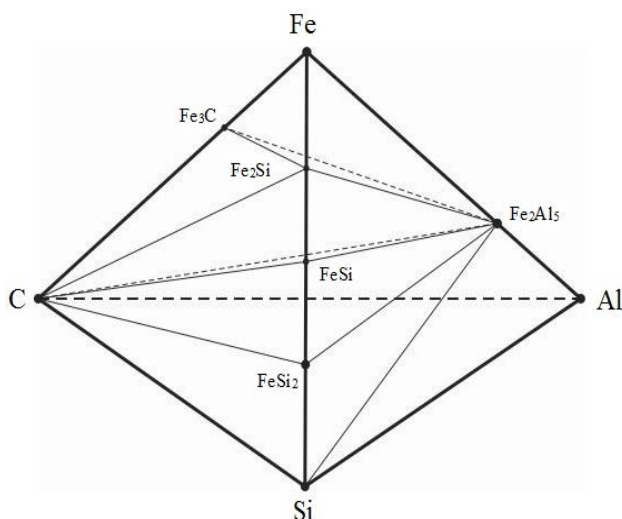


Рисунок 5 – Тетраэдрация металлической системы Fe-Si-Al-C

Разбивка общей системы осуществлена с учетом конгруэнтных соединений. Сумма относительных объемов элементарных тетраэдров равна единице (1,000000), что подтверждает верность проведенной тетраэдрации.

Таким образом, приведенные сведения и результаты проведенных расчетов подтверждают достоверность тетраэдрации диаграммы фазового строения металлической системы Fe-Si-Al-C. Это впоследствии позволит определить фазовый состав металлических продуктов при выплавке различных марок ферросиликоалюминия и предельные остаточные содержания в них углерода и алюминия при одновременном использовании последних в процессах восстановления алюминия из углеродистой породы.

Список литературы

1. Глушко В.П. Термические константы веществ. – М.: Академия Наук СССР. – 1974. – Вып. VII. – Ч. 1. – 343 с.
2. Морачевский А.С., Сладков И.В. Термодинамические расчеты в металлургии // Справочник. – М.: Металлургия, 1985. – 137 с.
3. Касенов Б.К., Алдабергенов М.К., Пашинкин А.С., Касенова Ш.Б., Балакеева Г.Т., Адекенов С.М. Методы прикладной термодинамики в химии и металлургии. – Караганда: «Гласир», 2008. – 332 с.
4. Диаграмма состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа / Под ред. О.А. Банных, М.Е. Дрица. – М.: Металлургия, 1986. – С. 146-148.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 28.17.23

Е.А. Кулакова¹, Б.А. Сулейменов¹, А. Смолаж²

¹Казахский Национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

²Люблинский Технологический университет, г. Люблин, Польша

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТСАДКИ ХРОМОВОЙ РУДЫ
НА ОСНОВЕ СКОРОСТНОЙ ГИПОТЕЗЫ РИТТЕНГЕРА**

В статье представлены результаты моделирования траектории движения частиц концентрата и пустой породы хромовой руды в отсадочной машине сепараторного типа в зависимости от ключевой переменной. В основе модели – скоростная гипотеза механизма отсадки. Проведенные исследования необходимы для разработки системы управления процессом отсадки руды.

Мақалада сепаратор типіндегі бөлектеу машинасында концентрат бөлшектерінің және кен кесектерінің қозғалысын модельдеу нәтижелері берілген. Модельдің негізіне бөлектеу механизмінің жылдам гипотезасы салынған. Жүргізілген зерттеулер кенді бөлектеудің технологиялық процесін басқару жүйесін әзірлеу үшін қажет.

The article presents the results of the modeling of the movement of particles of concentrate and gob of ore in a separator jigging machine. The basis of the model is the speed hypothesis of the jigging mechanism. Conducted research is necessary for the development of process control systems jigging ore.

Ключевые слова. Скоростная гипотеза, механизм отсадки, хромовая руда, отсадочная машина, частота пульсации, концентрат, пустая порода, показатели качества обогащения.

Казахстан занимает первое место в мире по разведанным запасам хрома и обеспечивает 15 % мирового объема их добычи. Особый интерес в обогащении хромовой руды представляют тонкие и мелкие классы (крупностью 2-10 мм), которые без применения специальных технологий обогащения попадают в отвалы, что абсолютно экономически нецелесообразно. Для обогащения тонких и мелких классов хромовой руды используются гравитационные методы обогащения, например отсадка. Отсадка – метод обогащения, основанный на разделении по плотности смеси минеральных зерен на решетке под действием потока воды, пульсирующей со знакопеременной скоростью относительно решета [1]. Основным аппаратом для отсадки является отсадочная машина.

Многообразие частиц с их индивидуальными свойствами затрудняет надежное количественное описание гравитационных процессов, в частности процесса отсадки. Существует целая теория, которая объясняет механизм и закономерности расслоения неоднородной смеси минеральных зерен по плотности (крупности, форме) в пульсирующем потоке воды, взаимосвязи между гидродинамическими параметрами отсадочных машин и другие. Теоретические представления отдельных зависимостей носят характер гипотез. Наиболее распространенные гипотезы представлены в табл. 1 [2].

Таблица 1

Гипотезы закономерностей механизма отсадки

Гипотеза	Сущность	Недостатки
Скоростная (П. Риттингер)	Вследствие разницы скоростей и ускорений, сообщаемых действием вертикального пульсирующего потока воды частицам различной плотности, последние проходят различные пути, в результате чего происходит разделение по плотности.	Рассматривается движение отдельной частицы, между тем как отсадка является массовым процессом.
Энергетическая (Ф. Майер)	Постель (масса исходного сырья, лежащая на решетке отсадочной машины), как всякая замкнутая механическая система, стремится перейти к более устойчивому состоянию, т.е. к минимуму потенциальной энергии.	Рассматривает расслоения постели только в связи с внутренней потенциальной энергией без учета внешней энергии и не рассматривает механизм разделения частиц различной плотности.
Статистическая (И.М. Верховский)	Постель отсадочной машины рассматривается как массовая система, в которой перемещение отдельных однородных частиц носит случайный характер, а перемещение массы подчиняется закону действующих масс и носит статистический характер.	Не учитывает физические законы, действующие на частицы постели.
Суспензионная (А. Херста)	Постель отсадочной машины рассматривается как суспензия, в которой разделение по плотности осуществляется по законам разделения в утяжеленной среде.	Не рассматривает способ и параметры псевдооживления материала и поэтому не позволяет прогнозировать глубину эффективного разделения материала.

Наличие большого числа гипотез с существующими недостатками объясняет почему, развитие данной технологии обогащения идет преимущественно путем экспериментирования.

Кроме того, отсадка – это многофакторный процесс. Высокие показатели обогащения руды зависят более чем от 20 факторов. Анализ литературных источников [1, 2, 3, 6] и опыт работы на обогатительном предприятии позволил выделить основные параметры отсадки и их влияние на процесс. Среди них гранулометрический состав исходного материала, толщина (уровень) естественной постели, частота пульсаций, расход подрешетинной воды.

В данной работе предлагается рассмотреть зависимость траектории движения легких и тяжелых частиц руды, то есть частиц хрома и пустой породы, в отсадочном отделении отсадочной машины сепараторного типа от частоты пульсации, чтобы определить зависимость качества обогащения от этой переменной. Для этого необходима математическая и компьютерная модель движения частиц.

Разработка модели.

Согласно скоростной гипотезе уравнение движения отдельной частицы шарообразной формы может быть представлено в виде

$$m \frac{dv}{dt} = G_0 \pm P \pm P_i \pm P_M, \quad (1)$$

где m – масса частицы, кг; v – скорость частицы, м/с; G_0 – сила тяжести частицы в воде, Н; P – сила динамического сопротивления среды при стесненном падении, Н; P_i – дополнительная выталкивающая сила, зависящая от ускорения потока воды, Н; P_M – сила механического взаимодействия частиц, Н.

Сила P_i мала по сравнению с силой тяжести частицы G_0 . Поэтому можно допустить $P_i \approx 0$, $P_M \approx 0$.

Иными словами, скоростная гипотеза рассматривает движение частицы под действием всех физических сил, приложенных к ней.

Постель отсадочной машины приводится в колебательное движение с определенной частотой ω_0 и амплитудой a_0 . На перемещение частиц в отсадочном отделении влияют окружающие частицы, движущиеся под действием внешних периодических сил. Эти частицы имеют кинетическую энергию в соответствии с колебательными движениями среды. На частицу будет действовать следующие силы: сила Архимеда F_A , сила тяжести F_{mg} и силы сопротивления F_s . Согласно скоростной гипотезе механизма отсадки F_A допустимо приравнять к 0, но в данной модели она принята к расчету, что повышает точность модели. Баланс сил, действующих на данную частицу

$$ma = F_s + F_A + F_{mg}, \quad (2)$$

где a – ускорение частицы [4].

Вводятся следующие обозначения: $a = \ddot{x}_2$ – ускорение частицы, $v = \dot{x}_2$ – скорость частицы, $y = x_1$ – координата частицы в момент времени t . В выражение (2) подставляются значения всех сил, в результате получено выражение:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = \frac{1}{m} (\rho_v g V_q - \frac{m\omega_0}{2\pi} x_2 - 6\pi\eta r_0 \dot{x}_2 - mg) \end{array} \right\}, \quad (3)$$

где m – масса частицы, ρ_v – плотность воды, V_q – объем частицы, g – ускорение свободного падения. При моделировании приняты следующие расчетные данные:

$$\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3, V_q = 113 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3, g = 9.8 \text{ м/с}^2, \eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па*с}, r_0 = 0.0025 \text{ м}.$$

Масса частицы концентрата принята – 1 г, масса частицы пустой породы – 0,3 г.

В результате получены графики траектории движения частиц (концентрат, пустая порода), рис. 1, 2 и 3.

Исследование проводилось следующим образом. Поочередно вводились значения частоты пульсации $n = 30, 60, 80 \text{ мин}^{-1}$.

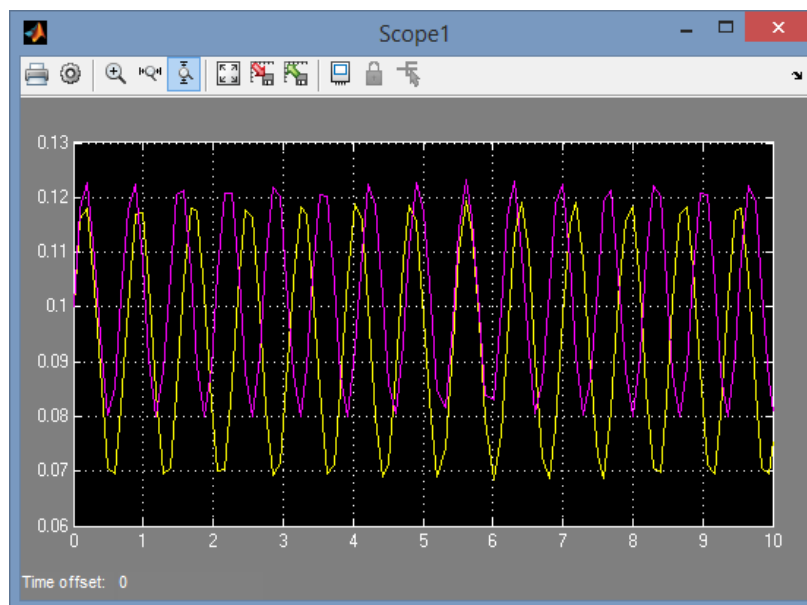


Рисунок 1 – Траектория движения частицы при частоте $n=30 \text{ мин}^{-1}$

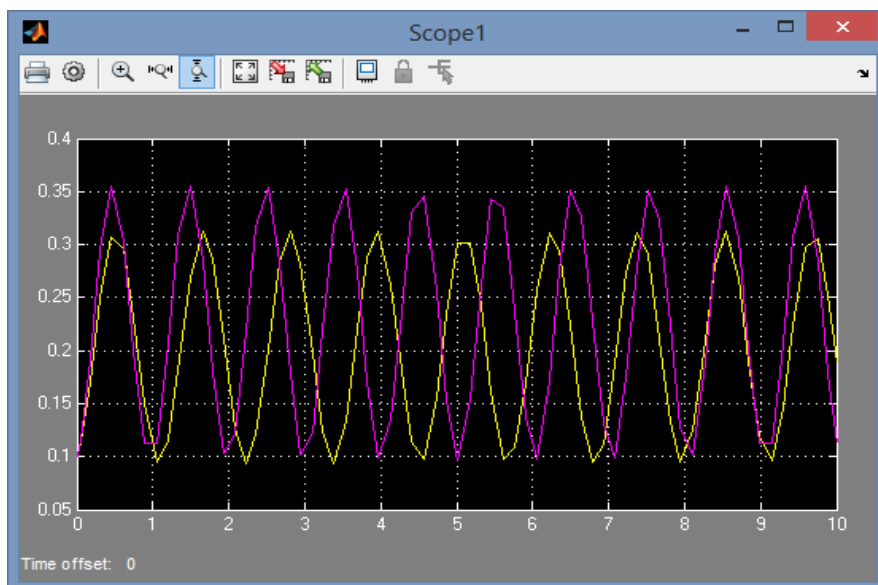


Рисунок 2 – Траектория движения частицы при частоте $n=60 \text{ мин}^{-1}$

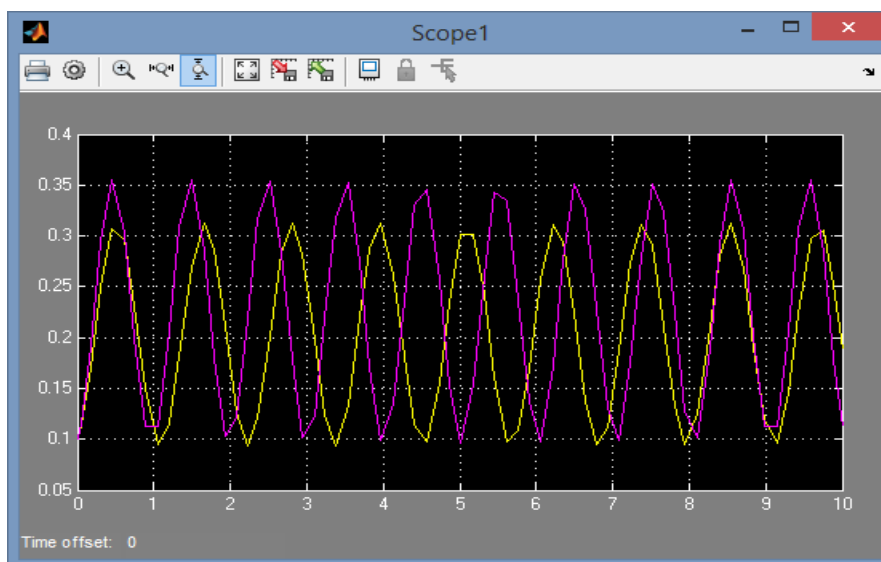


Рисунок 3 – Траектория движения частицы при частоте $n = 80 \text{ мин}^{-1}$

Анализ результатов моделирования. Полученные графики показывают, что при низкой частоте пульсации и концентрат, и пустая порода остаются на дне отсадочного отделения, соответственно обе фракции попадают в концентрат, снижая его качество. С увеличением частоты пульсации происходит разделение. Но с увеличением частоты амплитуда обеих частиц увеличивается (рис. 4), что приводит к попаданию концентрата в отходы.

На основании данного исследования можно сделать вывод о необходимости поддержания оптимальной частоты пульсации.

Модель описывает движение двух частиц. Но так как отсадка является массовым процессом, для повышения показателей обогащения необходимо обратить внимание на соотношение между скоростью падения частиц v , их крупностью d и плотностью δ (рис. 4).

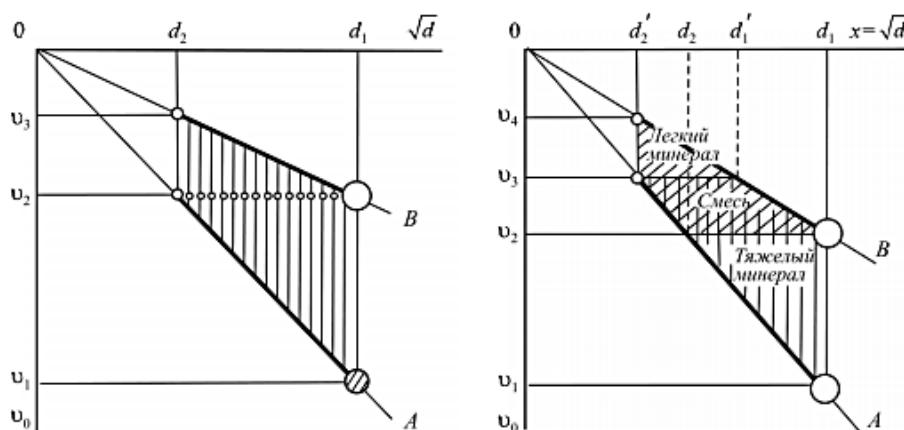


Рисунок 4 – Диаграмма скоростей падения зерен двух частиц

На рисунке скорость падения тяжелой частицы отражена прямой A , а легкой – прямой B . Из диаграммы видно, что зерна наибольшего диаметра d_1 двух частиц с плотностями δ_1 и δ_2 будут иметь разные скорости падения. Скорость падения легкой частицы (v) будет меньше скорости падения тяжелой (v_1), а тяжелая частица размером d_2 имеет ту же скорость падения, что и легкая размером d_1 , – это равнопадающие частицы.

Вместе с тем тяжелые частицы, которые меньше, чем d_2 , будут иметь меньшие скорости падения, чем v_1 , и выпадут позднее легких размером d_1 . В результате не будет нужного расслоения, поскольку между слоями легких и тяжелых частиц будет образован промежуточный слой смешанных частиц. Следовательно, для эффективного расслоения частиц необходимо грохочение исходного материала перед отсадкой с модулем, равным коэффициенту равнопадаемости, и раздельное обогащение полученных классов крупности на отдельных машинах, имеющих различные скорости восходящей струи воды.

Иными словами, на отсадочную машину должен поступать материал примерно одного класса крупности. Если обозначить диаметр частиц породы и концентрата d_p и d_k , а их массу соответственно m_p и m_k , то для обеспечения максимальных показателей обогащения для каждой частицы должно выполняться условие: при $d_p \gg d_k$, $m_k > m_p$.

Таким образом, сложность процесса отсадки связана с двумя особенностями данного процесса: во-первых, единого представления о механизме расслоения материала в отсадочной машине нет; во-вторых, качественное протекание процесса отсадки зависит от многочисленных факторов, как внутренних, связанных с физическими свойствами обогащаемого сырья, так и с внешними, например технологические переменные, такие как уровень (толщина) естественной постели, частота пульсации, расход подрешетной воды и т.п. Поэтому, несмотря на многовековую историю и широкое применение, развитие данной технологии обогащения идет преимущественно путем экспериментирования.

В статье проведен анализ распространенных гипотез механизма отсадки, представлены результаты исследования движения частиц концентрата и пустой породы руды в отсадочной машине сепараторного типа. На их основании установлено влияние частоты пульсации отсадочной машины на процесс обогащения руды и обоснована необходимость подготовки исходного сырья. Результаты исследования являются фундаментом для разработки концепции системы управления процессом отсадки.

Список литературы

1. Верхотуров М.В. Гравитационные методы обогащения. – М.: МАКС ПРЕСС, 2006. – 352 с.
2. Авдохи В.М. Обогащение углей: Учебник для вузов: В 2 т. – М.: Изд. «Горная книга», 2012. – Т. 1. Процессы и машины. – 424 с.: ил.

3. Берт, Р.О. Технология гравитационного обогащения. – М.: Недра, 1990 – 574 с.
4. Слепцова Е.С. Математическое моделирование процесса концентрации тяжелых частиц в постели отсадочной машины / Е.С. Слепцова, Л.В. Никифорова // Наука и образование. – 2014. – №3. – С. 345-351.
5. Слепцова Е.С. Аналитический расчет работы отсадочной машины с магнитоструктурированной постелью / Е.С. Слепцова, С.М. Федосеев // Наука и образование. – 2013. – №2. – С. 278-284.
6. Глембоцкая Т.В. Возникновение и развитие гравитационных методов обогащения полезных ископаемых. – М.: Наука, 2001. – 245 с.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 55.53.13

М. Млынчак¹, М.В. Дудкин², А.И. Ким², Е.Л. Дудкина², Н.В. Хон²

¹Вроцлавский университет науки и технологии, г. Вроцлав, Польша

²Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТА AP05130653
«МЕХАНИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЧИСТКИ ДОРОГ И ТРОТУАРОВ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ»**

В процессе работы проведена техническая экспертиза инновационного проекта; разработан бизнес-план по инновационному проекту, обоснованный с технической, коммерческой и финансовой сторон; подготовлена модель предлагаемой продукции и презентация по результатам оказания услуг. Разработанная в проекте модель льдоскалывателя позволяет перейти к непосредственному созданию промышленного образца и его коммерческой реализации. Объектом разработки и исследования является опытный промышленный образец льдоскалывающего оборудования с режущими элементами из техногенных отходов – отрезками отработавших тросов подъемно-транспортных машин и оборудования (ПТТМО).

Жұмыс барысында инновациялық жобаға техникалық сараптама жүргізілді; техникалық, коммерциялық және қаржылық жағынан негізделген инновациялық жобаның бизнес-жоспарын жасады; ұсынылған өнімдердің моделін және қызметтерді ұсынудың нәтижелері туралы презентация дайындалды. Жобада әзірленген мұзжарғыш моделі өнеркәсіптік үлгіні тікелей құруға және оны коммерциялық іске асыруға мүмкіндік береді. Өңдеу және зерттеу объектісі техногенді қалдықтардан жасалған кескіш элементтері бар – көтергіш-көлік машиналары және жабдықтарының пайдаланылған тростарының кесінділері бар мұзжарғыш жабдықтың тәжірибелік өнеркәсіптік үлгісі болып табылады (ККМЖЖ).

In the process, a technical examination of the innovation project was carried out; developed a business plan for an innovative project, justified from the technical, commercial and financial sides; prepared a model of the proposed products and a presentation on the results of the provision of services. The model of an ice breaking machine developed in the project allows proceeding to the direct creation of an industrial design and its commercial implementation. The object of development and research is a pilot industrial design of ice-cutting equipment with cutting elements from industrial waste - pieces of spent cables from hoisting-and-transport machinery and equipment.

Ключевые слова: экономическая эффективность, льдоскалыватель, очистка дорог, уборка льда, малогабаритная техника.

Введение. Целью проекта являются: разработка конструкции, технической документации и технологии изготовления; патентная защита; создание опытного промышленного образца льдоскалывателя с перспективой коммерциализации и организации сборочно-сервисного производства в г. Усть-Каменогорске. Актуальность проекта заключается в полном отсутствии подобных агрегатов и технологических решений на рынке коммунальной техники.

В развитии проект предполагает, что на основе базового агрегата будут созданы МСУ для садовых (сельскохозяйственных работ) и МСУ для строительных работ.

Рынок сбыта. Рынок сбыта на текущем этапе проекта (коммунальная малогабаритная техника) занят на 30-40 % и динамично развивается. При этом потребителями данной продукции могут быть как государственные организации, так и частные юридические и физические лица, заинтересованные в круглогодичной уборке своих (или подрядных) территорий, особенно в зимнее время.

Также развитие данного проекта предполагает оказание услуг по производству, продаже (как своей, так и партнерской продукции), сервисному обслуживанию малогабаритной техники для широкого спектра работ, что еще больше увеличивает потенциальный рынок потребителей.

Частично будет решена проблема утилизации техногенных отходов горнорудных предприятий региона – отработанных тросов ПТМиО.

Конкурентные преимущества предлагаемой к разработке МСУ заключаются в следующем:

- полное отсутствие подобных малогабаритных агрегатов (уборка льда и СЛО) на мировом рынке коммунальной техники;
- уникальность разработки защищена патентами и заключается в особом воздействии рабочего органа, при котором сама очищаемая поверхность (асфальт, бетон и пр.) не повреждается;
- с учетом круглогодичной эксплуатации МСУ имеет самую низкую удельную стоимость среди подобных агрегатов, предлагаемых на рынке;
- в развитии проект предполагает создание целого ряда дополнительных рабочих органов для использования в сфере ЖКХ, в строительной и сельскохозяйственной областях производства;
- мелкосерийное производство позволяет изготавливать МСУ с комплектом рабочих органов под конкретного заказчика с учетом всех его пожеланий;
- в Республике Казахстан отсутствуют предприятия по изготовлению и (или) сборке подобной малогабаритной техники;
- сходство погодных условий и условий эксплуатации в РК, Китае и РФ (а также других странах и регионах) предполагает возможность реализации разрабатываемой продукции на экспорт.

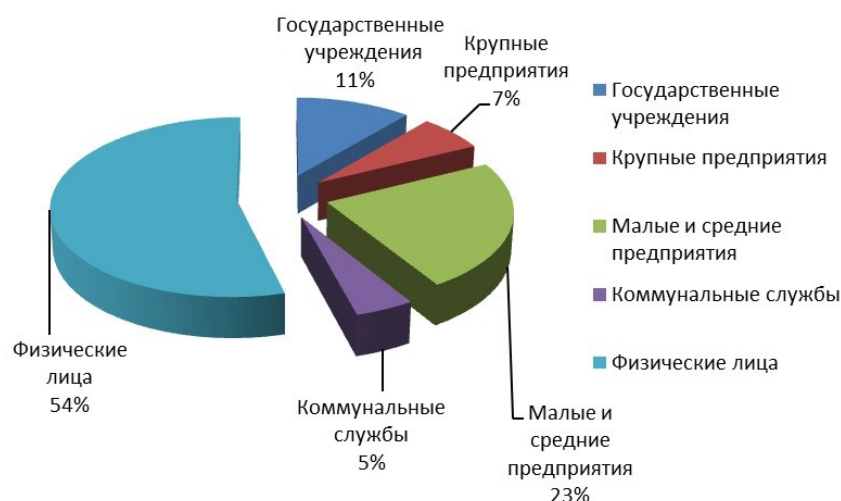


Рисунок 1 – Основные группы покупателей товарной группы «Снегоуборщики»

План производства. В процессе реализации проекта планируется на базе арендуемых производственных площадей (180 кв. м.) организовать четыре производственных участка: сборки, сварки, покрасочный и механической обработки. Каждый участок оснащается новым технологическим оборудованием, приобретаемым за счет средств гранта 31-177-18 или последующего, с целью коммерциализации (ГСНС, Всемирный банк или др.). Кроме того, на 24 кв. м. будет располагаться офис, необходимый для организации производства и продаж. Каждый производственный участок в зависимости от состава технологических операций комплектуется набором машин и оборудования.

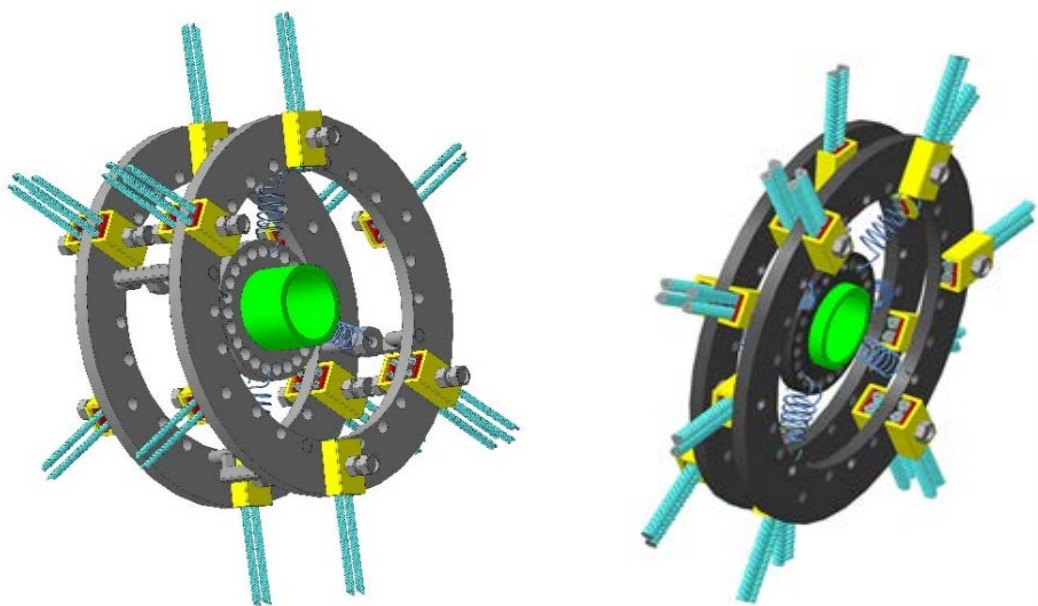


Рисунок 2 – Фрагменты рабочего органа (наборного диска с режущими элементами в разном исполнении), оборудованного режущими элементами из техногенных отходов – отрезками отработавших тросов ПТМО

В соответствии с инвестиционным замыслом планируются работы по закупке оборудования, его поставке, монтажу, наладке, по обустройству производственной инфраструктуры и частичной реконструкции помещений, также планируется приобретение первоначального запаса материалов и комплектующих из расчета производственной необходимости на очередной (4-й производственный) квартал работы при 50 % загрузке мощностей.

Стратегия реализации проекта. Наиболее эффективным вариантом реализации проекта является создание собственной фирмы. Вторым вариантом является разработка промышленного образца и продажа прав на его использование заинтересованным компаниям, прежде всего конкурентам. Предварительный анализ обоих вариантов позволяет сделать вывод о достаточно высокой вероятности получения прибыли при использовании любого варианта коммерциализации.

По условиям гранта проект должен быть коммерциализован, а основным источником финансирования данного проекта будет являться государственный грант (или грант всемирного банка). Ставка дисконтирования принимается равной 25 %, что обусловлено инновационным характером реализуемого проекта и более высоким уровнем риска по сравнению со среднерыночным.

Расчет основных экономических показателей проекта. Для оценки эффективности инвестиционной программы будут использованы следующие показатели: срок окупаемости (PP), чистый приведённый доход (NPV), внутренняя доходность (IRR), индекс рентабельности (PI), коэффициент учетной (бухгалтерской) доходности (ARR).

Срок окупаемости рассчитывается прямым подсчетом числа лет, в течение которых инвестиция будет погашена кумулятивным доходом. Общая формула расчета показателя PP имеет вид:

$$PP = \min n, \text{ при котором } \sum_{t=1}^n CF_t \geq IC,$$

где IC – общие затраты по проекту.

В соответствии с проведенными расчетами, период окупаемости равен 3 года 4 месяца; с учетом длительности инвестиционного этапа период окупаемости составит 2 года 7 месяцев. С учетом временной стоимости денег период окупаемости чуть более длительный – 4 года 3 месяца, а с учетом длительности инвестиционного этапа период окупаемости составит 3 года 6 месяцев.

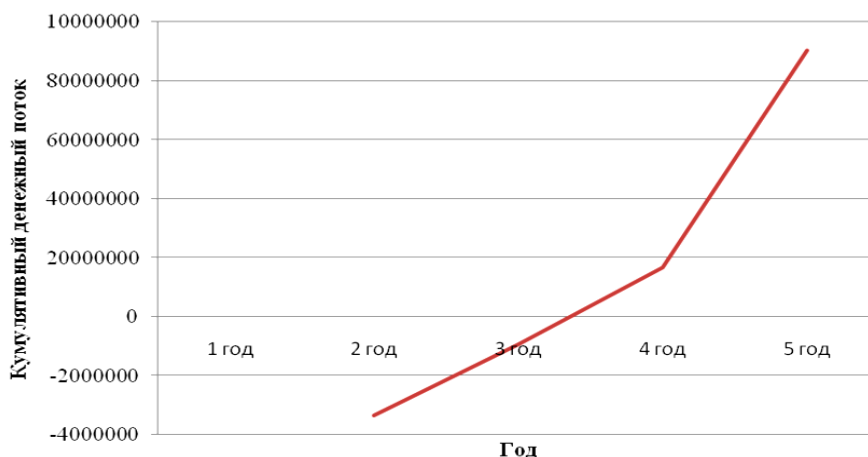


Рисунок 3 – Кумулятивный денежный поток

Формула для расчета NPV выглядит следующим образом:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \quad (6.2)$$

где CF_t – ожидаемый приток (отток) денежных средств за период t ; n – общий период реализации проекта; r – цена капитала проекта.

Очевидно, что если $NPV > 0$, то проект следует принять, $NPV < 0$ – отвергнуть, если $NPV = 0$, то проект ни прибыльный, ни убыточный.

Чистый приведенный доход проекта, то есть полученный в результате реализации проекта доход с учетом ожидаемого изменения стоимости денег, равен 23 089 597,3 тенге, что подтверждает его целесообразность.

Индекс рентабельности (Profitability Index, PI) рассчитывается по формуле:

$$PI = \frac{PV(\text{доходов})}{PV(\text{затрат})} = \frac{\sum_{t=k+1}^n \frac{CIF_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^k \frac{COF_t}{(1+r)^t}}, \quad (1)$$

где CIF_t – ожидаемый приток денежных средств, или доход; COF_t – ожидаемый отток денежных средств, или затраты; k – количество периодов осуществления затрат.

Очевидно, что если $PI > 1$, то проект следует принять, $PI < 1$, – отвергнуть, если $PI = 1$, то проект ни прибыльный, ни убыточный.

Индекс рентабельности проекта равен 1,5. Это говорит о том, что каждый тенге, вложенный в проект приносит 1,5 тенге дисконтированных доходов либо о том, что проект является эффективным даже при росте первоначальных затрат в 1,5 раза.

Под внутренней нормой рентабельности инвестиции (Internal Rate of Return, IRR) понимают значение коэффициента дисконтирования, при котором NPV проекта равен нулю:

$$IRR = r, \text{ при котором } NPV = f(r) = 0.$$

IRR показывает максимально допустимый относительный уровень расходов, которые могут быть ассоциированы с финансированием данного проекта. В нашем случае он равен 45,91 %, что значительно больше коэффициента дисконтирования (25 %) и указывает на эффективность проекта.

Коэффициент учетной доходности инвестиций (Accounting Rate of Return, ARR) рассчитывается делением среднегодового чистого дохода PN на среднюю величину инвестиций. Средняя величина инвестиций находится делением исходной суммы капитальных вложений на два, если предполагается, что по истечении срока реализации анализируемого проекта все капитальные затраты будут списаны; если допускается наличие остаточной или ликвидационной стоимости (RV), то ее оценка должна быть исключена.

$$ARR = \frac{PN}{\frac{1}{2} \cdot (IC - RV)} \quad (2)$$

Учетная норма доходности проекта составила 1,86, что подтверждает высокую экономическую эффективность вложений в проект: каждый тенге, вложенный в проект, приносит 1,86 тенге чистой прибыли.

Показатели эффективности проекта, полученные на основании проведенных расчетов, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели эффективности	Значения
Ставка дисконтирования, %	25
Период окупаемости	2 года 7 месяцев
Дисконтированный период окупаемости	3 года 6 месяцев
Чистый приведенный доход, тенге	23089597,3
Индекс рентабельности	1,5
Внутренняя норма доходности, %	45,91
Учетная норма доходности	1,86

Если исходить из данных критериев, проект представляется приемлемым для реализации, так как $NPV > 0$; $PI > 1$; $IRR = 45,91\% > 25\%$; $PP < \text{срока эксплуатации проекта (5 лет)}$.

Анализ рисков. Необходимость такого анализа обоснована прежде всего тем, что построенные потоки денежных средств относятся к будущим периодам и носят прогнозный характер. Поэтому возрастает вероятность недостоверности используемых для расчетов числовых данных, а значит и самих результатов. В качестве количественного метода оценки рисков проектов был выбран метод чувствительности, предполагающий оценку влияния изменения входных параметров инвестиционного проекта на результирующие показатели.

Были определены чувствительность проекта к изменению цены единицы продукции и объему выпуска (рис. 4).

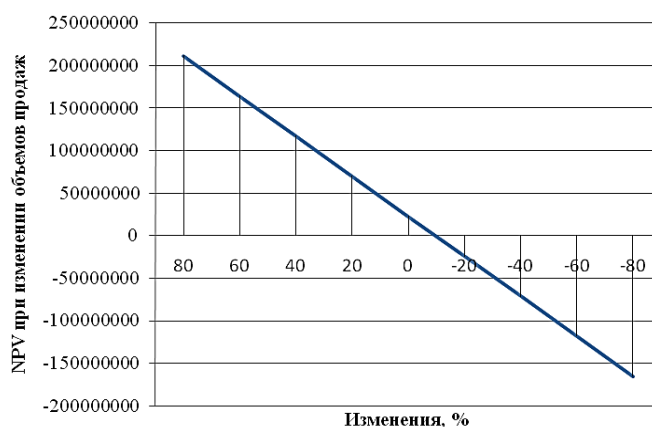


Рисунок 4 – Чувствительность NPV

Проведенный анализ чувствительности показал, что доходы более чувствительны к изменениям объемов продаж, нежели к цене продукции. Проект становится убыточным при снижении объемов продаж на 9,8 %, а цен на продукцию на 9,9 %. Вместе с тем, даже незначительное увеличение данных показателей приводит к заметному росту чистого приведенного дохода проекта.

Таким образом, рассчитанные показатели эффективности проекта, а также результаты анализа чувствительности подтверждают хорошую вероятность успешной реализации рассматриваемого проекта.

Заключение.

Данный технико-экономический анализ подтверждает прибыльность проекта и его привлекательность для будущей реализации:

1. Предлагаемая продукция уникальна и не имеет аналогов, сочетающих в себе все выполняемые ею функции. Отличительными особенностями МСУ являются малые габариты, возможность использовать круглый год, приемлемая цена, что будет способствовать успешному продвижению продукции на рынок. Потенциальными потребителями выступают предприятия коммунального хозяйства, крупного и малого бизнеса.

2. Проект планируется осуществлять путем создания товарищества с ограниченной ответственностью. План производства дает представление о производственных мощностях, затратах, производственной программе создаваемого предприятия. Финансовый план и расчет основных экономических показателей производства подтверждают инвестиционную привлекательность проекта.

3. Проект является экологически чистым, носит социальную направленность (создаются дополнительные рабочие места) и является эффективным с точки зрения увеличения налогооблагаемой базы и пополнения доходной части государственного бюджета.

4. Разработанная техническая часть позволяет перейти к созданию полноразмерной экспериментальной модели МСУ и затем к созданию промышленного образца.

5. Разработанный бизнес-план (технико-экономическое обоснование) позволяет сделать однозначные выводы в пользу целесообразности дальнейшей коммерциализации данного проекта.

Список литературы

1. Баловнев В.И. Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог [Текст]: Учеб. пособие для вузов по дисц. «Дорожные машины»/ М.А. Беляев и др.; Под общ. ред. В.И. Баловнева. – 2-е изд., дополн. и перераб. – Москва-Омск: ОАО «Омский дом печати», 2005. – 768 с.
2. Баловнев, В.И. Дорожно-строительные машины и комплексы: Учебник для вузов по дисц. «Дорожные машины» / Г.В. Кустарев, А.Н. Новиков и др.; Под общ. ред. В.И. Баловнева. 2-е изд., дополн. и перераб. – Москва-Омск: Изд-во СибаДИ, 2001. – 528 с.
3. Баловнев, В.И. Многоцелевые дорожно-строительные и технологические машины: Учеб. пособие для вузов по дисц. «Дорожные машины» для спец. 170900, 230100, 150600 и 291800. – Омск; Москва: ОАО «Омский дом печати», 2006. – 320 с.
4. Гоберман, Л.А. Основы теории, расчета и проектирования строительных и дорожных машин. – М.: Машиностроение, 1988. – 464 с.
5. Мерчалов С.В. Повышение эффективности работы молотковой дробилки [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / С.В. Мерчалов. - Воронеж, 1998. – 23 с.
6. Сидоров Д.В. О создании малого инновационного предприятия для нужд жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) [Текст] / А.В. Вавилов, А.А. Артебякин. – Усть-Каменогорск: Вестник ВКГТУ. – №4. – 2011. – С. 32-38.
7. Шестопалов, К.К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: Учеб. пособие. – 2-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 320 с.

Получено 07.02.2020

УДК 725:67.07.01

В.И. Наумова, Н.Н. Супроненко, Е.А. ФеокистоваВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТСКИХ КОМПЛЕКСОВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Данная статья посвящена выявлению конструктивных, архитектурно-художественных особенностей детских дошкольных учреждений на основе анализа отечественного и зарубежного опыта проектирования и строительства с применением аддитивных технологий. Определены характерные черты формирования архитектуры зданий для дошкольного образования с учетом современных требований.

Бұл мақала аддитивті технологияларды қолдана отырып жобалау мен құрылыстың отандық және шетелдік тәжірибесін талдау негізінде мектепке дейінгі балалар мекемелерінің конструктивтік, сәулеттік-көркемдік ерекшеліктерін анықтауға арналған. Қазіргі заманғы талаптарды ескере отырып, мектепке дейінгі білім беру үшін ғимараттардың сәулетін қалыптастыруға тән ерекшеліктер анықталды.

This article is dedicated to identifying the design, architectural and artistic features of preschool institutions on the basis of analysis of domestic and foreign experience of design and construction using additive technologies. The characteristics of the formation of the architecture of buildings for pre-school education are defined, taking into account modern requirements.

Ключевые слова: детские дошкольные учреждения, аддитивные технологии, архитектура детских комплексов.

Проектирование качественно новых условий для пребывания детей в детских образовательных учреждениях (ДОУ) в отечественной практике определяется возросшей значимостью образования, информатизацией общества, возросшим объемом знаний дошкольника, что позволяет определить более высокие требования к дошкольному образованию. Изменение требований общества, активация производственных, технологических процессов и экономических обоснований приводят к необходимости поиска актуальных знаний, новых навыков для профессионалов к решению разнообразных решений на основе социально-функциональных, инженерно-технических и архитектурно-художественных задач, требуя непрерывного развития и совершенствования проектирования [1].

Процессы реформирования в дошкольном образовании позволяют увидеть всю остроту насущных проблем, возникающих при внедрении широкого спектра методик и программ, различных форм работы с детьми в условиях старой материальной базы. Особую значимость приобретает проблема оценки качества архитектурной среды для дошкольного образования, где происходит рост социальных требований, совершенствование учебно-воспитательного процесса и динамика развития научно-технических разработок.

Материальная база ДОУ не отвечает требованиям современной практики проектирования и строительства по следующим параметрам:

- существующая архитектура ДОУ не соответствует требованиям современного общества и запросам разных социальных групп;
- отсутствуют условия для внедрения научно-технических средств, нет возможности организации необходимых в процессе видов деятельности для воспитанников;
- стремление к уменьшению стоимости строительства приводит к обнищанию архитектурно-художественного облика зданий ДОУ, к развитию гомогенного визуального поля, утрате уникальных черт, к неэффективному использованию информационного потенциала архитектурного пространства.

Применение аддитивных технологий в области строительства и дизайна, архитектурной среды позволяет создать любую, самую необычную форму. Эти доводы подтверждают необходимость анализа по изучению формирования архитектурной среды для дошкольного образования на междисциплинарном уровне и анализа возможности применения аддитивных технологий строительства. Для исследования авторам необходимо было изучить исторический опыт проектирования детских ком-

плексов дошкольного образования с целью выявления информационных и знаковых элементов архитектуры зданий ДООУ, сформировавшихся под воздействием различных педагогических концепций; тенденции развития дошкольного образования; нововведения современного учебно-воспитательного процесса (методик, программ, новых форм проведения занятий) с целью выявления принципов формирования архитектурной среды; формы поведенческой активности детей дошкольного возраста; определить критерии качества архитектурной среды для дошкольного образования, согласно потребностям разных социальных групп; обновить состав функциональных элементов планировочной структуры детских комплексов с применением аддитивных технологий строительства. Это даёт возможность разработки рекомендаций и проведения комплексной оценки влияния факторов на архитектурную среду для дошкольного образования с учетом современных требований [2], [3].

Актуальным вектором развития ДООУ является тенденция к проектированию многофункциональных зданий.

Под многофункциональными зданиями (комплексами) понимается единая архитектурная группа или отдельно стоящие взаимосвязанные здания, предназначенные для размещения объектов различного назначения, объединенные системой инженерных, социальных, функциональных взаимосвязей, отвечающих современным социально-культурным, технологическим, градостроительным и архитектурным требованиям [4], [5].

В данном случае установлено, что многофункциональными детскими комплексами являются комплексы детских дошкольных учреждений «школа – детский сад – ясли-сад», обеспечивающие дошкольное воспитание и обучение как общего типа, так и специализированного (интеллектуального, спортивного, художественного, музыкального или коррекционного). Историю их развития необходимо связывать с возникновением детских дошкольных учреждений. Детское дошкольное здание – это типовое учреждение, существующее как в нашей стране, так и в большинстве передовых стран и являющееся первым звеном в системе образования.

Практика появления первых детских садов, вследствие обилия скучного материала, пассивной учебы элементов грамоты, счета, письма и иностранных языков, породила в обществе много толков. Появились возражения против целесообразности детских садов: они не соответствовали нашей природе, делали процесс воспитания механическим, доступным лишь для богатых и т. д. С конца XIX века стали функционировать курсы по подготовке семейных воспитательниц и руководителей детских садов. Но, вероятно, время для общественно-воспитательных учреждений еще не пришло, и детские сады в этот период не прижились [6].

Следующим этапом проектирования и организации детских садов в России можно считать годы до февральской революции 1905 года. Возникла необходимость разграничения семейного и школьного воспитания, укрепления и рационализации воспитательных функций семьи. Наиболее характерным требованием педагогической мысли в области воспитания явились индивидуализация и семейно-трудовой принцип.

Видным идеологом педагогики данного периода был П.Ф. Лесгафт. Он признавал необходимость общественно-воспитательных учреждений для малолетних детей необеспеченных классов. Приютить детей, уничтожить их тягу к улице, привить доброту и любовь к труду – таковы были задачи первых народных детских садов.

В период с 1905 до 1917 года под влиянием развития естественных наук, расширения сферы применения экспериментальных методов исследования устанавливается взгляд на личность ребенка как на самодовлеющее целое. Дошкольное воспитание выдвигается как проблема в общей системе народного образования; народные детские сады рассматриваются как основа народной школы и составной элемент в реорганизации общества. Этот период характеризуется тем, что дошкольное воспитание не контролировалось государством, не было социального заказа, оно осуществлялось скорее в интересах конкретных семей, добровольно отдающих детей в детские сады.

В 30-е годы XX века для строительства детских учреждений в городах были разработаны первые типовые проекты. Для них характерно стремление создать здания яслей и садов с полным комфортом, отвечающие всем тонкостям технологических требований. Что привело к усложнению планировки и высокой стоимости строительства. Эти проекты дали толчок для дальнейшего развития проектирования детских учреждений.

Этап строительства на основе новых индустриальных изделий обусловлен общим научно-техническим прогрессом, общей индустриализацией строительства, типизацией проектирования и, в то же время, разнообразием объемно-пространственной композиции зданий в соответствии с конкретными градостроительными условиями.

В настоящее время принята концепция объединения в единое здание (комплекс) детских дошкольных учреждений и общеобразовательных школ. Классически и системно разработана классификация ДООУ учреждений по вместимости и этажности, по месту и условиям строительства, по материалам стен здания и т.д. В результате исследования системы дошкольных учреждений в мире были выявлены несколько моделей дошкольного воспитания:

- латино-европейская (большинство стран Западной Европы);
- скандинавская (Финляндия, Швеция);
- восточная (Япония, Китай);
- англо-саксонская (Великобритания, США, Канада, Германия);
- «советская» (созданная в Советском Союзе, на территории «постсоветского» пространства).

Интерес представляют некоторые примеры проектирования и строительства объектов дошкольного образования в зарубежной практике [7].

Fuji Kindergarten. Японский детский сад Фуджи (Fuji), авторы компании Tezuka Architects, 2000 г. Здание двухэтажного детского сада имеет овальную форму. На первом этаже расположены обучающие классы, второй этаж – это низкая, надежно огражденная крыша, на которой установлен минимум объектов, что дает детям пространство для игр. Впечатляет, что «сквозь» здание то тут, то там «прорастают» деревья. «Отверстия», пропиленные для стволов деревьев в крыше, затянуты прочной сеткой из канатов, которые также являются еще одной игрушкой или даже спортивным снарядом (рис. 1).



Рисунок 1 – Детский сад Фуджи (Fuji). Япония

Bernts Have Daycare Center. Инновационные детские сады возможны не только в «южных» регионах. Ярким примером нестандартной архитектурной мысли проектирования детского сада является детский сад с зеленой крышей, расположенный в Дании (Холбэк). Многоуровневое здание этого детского сада рассчитано на посещение 56 детей ясельной группы и 80 ребят более старшего возраста. Его зеленая крыша органично переходит в зеленый холм и играет роль прекрасного утеплителя в морозную погоду.

В условиях северных широт здание остеклено и в холодное время года особо не отапливается, благодаря использованным технологиям и проникающему сквозь стекло солнечному свету (рис. 2).



Рисунок 2 – Детский сад с зеленой крышей Bernts Have Daycare Center. Дания

Kindergarten Bolles+Wilson. Здание, спроектировано архитектурным бюро BOLLES+WILSON, 2009 г. Первоначально предназначалось для нужд церковной общины. Два нижних этажа отведены для занятий возрастных групп: три группы расположены на первом этаже и две – на втором. Интерес с точки зрения архитектуры и функционального использования пространства представляет третий ярус здания – это открытая детская игровая площадка, перенесенная с придомовой территории на крышу. Она заключена в границы мощных стен бывшей церкви, ее крыша представляет собой конструкцию из модулей с открытыми блоками, обеспечивающими постоянную естественную вентиляцию площадки. Там холодно зимой и комфортно тепло летом, но при этом всегда сухо, благодаря чему для детей есть возможность играть на свежем воздухе круглый год вне зависимости от метеорологического прогноза осадков (рис. 3).



Рисунок 3 – Детский сад Kindergarten Bolles+Wilson. Германия

В ходе анализа примеров проектирования зарубежных детских учреждений можно выделить четыре основные группы используемых методов проектирования:

1. Применение системы модульных структур и внутренних трансформируемых пространств.
2. Внедрение визуально-эстетических средств, в частности художественных приемов для решения фасадов [8].
3. Применение ассоциативного проектирования.
4. Адаптация элементов экопроектирования для зданий детских садов [9].

Вместе с тем можно выделить критерии и закономерности использования модульных блоков. Форма здания и количество групп зависят от окружающего ландшафта, резервов территории, социальной необходимости [10].

Применение модулей дает возможности интеграции открытого пространства в план здания. Такой приём позволяет адаптировать здание к новым потребностям путем достройки либо исключения отдельных блоков-модулей. Модульная структура позволяет не только придавать планировочную гибкость зданию, но и создает гибкую образовательную среду. Вариативная компоновка блоков открывает широкие возможности для комбинации служебно-бытовых функций, пространств атриумов, спортивных зон. Комбинаторика отдельных блоков дает возможности формирования внутренних кулуарных крыто-закрытых пространств с возможностью их многофункционального использования.

Таким образом, в современной теории и проектной практике устойчива сформировалась направление гибкой архитектуры. Структура здания способна в заданный момент времени прийти в состояние, строго соответствующее циклу функционирования, а затем вернуться в исходное положение.

Опыт отечественного и зарубежного проектирования представлен широкой практической базой. В результате изучения объектов выявлены следующие характерные черты формирования архитектуры зданий для дошкольного образования:

1. Типологический ряд характеризуется разнообразием видов и форм ДОУ. В разных странах встречаются разные типы ДОУ, работающие как на государственной, так и на коммерческой основе. Комплексы ДОУ включают широкий ряд специализированных детских музеев и тематических центров, они классифицируются автором по тематикам: приключенческие; культурные; экспериментальные; познавательные; мультимедийные; обучающие; спортивные. Организованы площадки для детских игр (сюжетно-ролевой направленности, настольных игр, творчества и т.д.).

2. Здание ДОУ и прилегающая территория формируются комплексно, обеспечивая оптимальные условия для жизнедеятельности детей. Осуществлён учет градостроительной ситуации и применение ряда архитектурных приемов и средств по оптимизации микроклиматических условий благоустройства участка и внутренней среды здания. Обеспечение микроклиматических условий осуществляется с учетом климатических особенностей региона места застройки, где выступают ландшафтные средства формирования (биозоны; устройство искусственных альпийских гор, небольших оврагов; группы насаждений), с использованием устройств, регулирующих скорость смены воздушных потоков; устройством «зеленых крыш».

3. Проектируются прогулочные участки разной конфигурации, трассировка пешеходных путей с развитой системой визуальных знаков, что оказывает влияние на развитие эмоциональной сферы ребенка, его фантазии. Средствами архитектурно-художественной выразительности выступают разнообразие форм, используемых в очертании площадок, виды покрытий.

4. Проектирование зон рекреационно-коммуникативного каркаса в учебно-воспитательных целях, которое основывается на включении рекреаций в зону обучающих и развивающих игр. Вводится обработка функциональных узлов и отдельных архитектурных элементов, обладающих обучающим потенциалом.

5. Использование нестандартных архитектурных идей, конструктивных узлов для обеспечения появления многообразных композиционных объемно-планировочных систем. Применение солнцезащитных решеток, разнообразных светоотражающих материалов, приёмов «горизонтального» и «вертикального» озеленения («живые» изгороди, террасы, грунтовые насыпи).

6. Использование приемов разнообразных оконных проемов: по размерам, по форме, конфигурации, по смелым цветовым решениям.

7. Широкое использование цветного, тонированного стекла способствует улучшению эстетических качеств коммуникативно-рекреационного каркаса, формирует пространство, регулирует инсоляцию.

8. Обработка поверхности стен: выделение отдельных элементов частей в здании, использование разнофактурных материалов.

9. Активное применение архитектурно-художественного приема «плоскостной аппликации» и индексации фасадных элементов определяется включением в архитектурно-художественный облик здания ДОУ красочных элементов символического значения.

Ознакомление с особенностями ДОУ и формирования архитектурной среды для дошкольного образования позволяет прийти к выводу о том, что решение большинства проблем, связанных с удобством и качеством зависит от особенностей функционально-планировочной организации, ее возможностей пространственно изменяться во времени, отвечать требованиям проведения разных форм воспитания. В ходе исследования и анализа проектов зданий ДОУ были выявлены схемы планировочной организации, соответствующие требованиям времени и новым формам образовательного процесса.

Список литературы

1. Архитектурная среда для дошкольного образования [Электронный ресурс]. – URL: <http://tekhnosfera.com/arhitekturnaya-sreda-dlya-doshkolnogo-obrazovaniya#ixzz636wuYjS1> (дата обращения: 17.09.2019).
2. СП РК 3.02-110-2012 Дошкольные объекты образования.
3. СН РК 3.02-10-2011 Дошкольные объекты образования.
4. СН РК 3.02-09-2011. Многофункциональные здания и комплексы.
5. Проектирование детских дошкольных учреждений: Справ. пособие к СНиПу / Гос. науч.-проект. ин-т учебно-воспитат., торгово-бытовых и досуговых зданий. – М.: Стройиздат, 1992. – 203 с: ил.
6. Данилина Т.А. Из истории развития образовательных дошкольных учреждений // Вестник КГПУ им. В.П. Астафьева. – 2008 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iz-istorii-razvitiya-obrazovatelnyh-doshkolnyh-uchrezhdeniy/viewer> (дата обращения: 11.12.2019).
7. Ламехова Н.В. Архитектурная среда для дошкольного образования: дисс. – Екатеринбург, 2011.

8. Степанов Н.Н. Цвет в интерьере: Учеб. пособие для вузов архит. фак. / Н.Н. Степанов. - Минск: Вища школа, 1985. - 96 с: ил.
9. Долгов А. В., Сычева Е. Б. Основы новой архитектурной типологии дошкольных учреждений [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-novoy-arhitekturnoy-tipologii-doshkolnyh-uchrezhdeniy/viewer> (дата обращения: 11.12.2019).
10. Типовые правила деятельности видов дошкольных организаций / Утв. приказом Министра образования и науки Республики Казахстан от 29 мая 2013 года № 206.

Получено 07.02.2020

УДК 72.03+711.03

В.И. Наумова, Е.А. Феоктистова, Т.А. Иноземцева

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

ОСОБЕННОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА

Данная статья посвящена определению особенностей формообразования энерго-информационной системы архитектурного пространства. Проанализированы факторы трансформации формы в восприятии архитектурного пространства. Показаны аспекты взаимодействия формы и энерго-информационной системы.

Бұл мақала сәулет кеңістігінің энергоақпараттық жүйесін қалыптастыру ерекшеліктерін анықтауға арналған. Сәулет кеңістігін қабылдаудағы форманың өзгеру факторлары талданды. Энергия-ақпараттық жүйенің және форманың өзара іс-қимыл аспектілері көрсетілген.

This article is dedicated to determining the specifics of the formation of the energy-information system of the architectural space. Factors of form transformation in the perception of architectural space have been analyzed. The interaction between the form and the energy information system is shown.

Ключевые слова: формирование архитектурного пространства, энергоинформационная система, механизмы взаимодействия.

Проблема формирования энергоинформационной системы в XXI веке возникла в связи с появлением большого количества зданий и объектов поселений уникальных по функциональному назначению, с использованием современных новых технологий, применением новых конструкций и строительных материалов, имеющих новые смысловые и философские содержания, не привычные для восприятия образов и форм.

В наши дни все больше научных доказательств, что зодчество как форма выражено воздействует на наше самочувствие и здоровье. За рубежом отмечается деятельный всплеск внимания к влиянию изменений формообразования в зодчестве на мозг человека.

С внедрением МРТ в области медицины научно зафиксировано: как комфортно человек чувствует себя в мегаполисе, функциональное назначение его видения, сердцебиение, состояние нервной системы, походка и скорость передвижения. Ключевой особенностью методик является возможность замерить уровень его мозговой активности. Все эти данные анализируются для того, чтобы выявить закономерности, как элементы окружающего пространства отражаются на нашем самочувствии, настроении, здоровье, работоспособности, итоги их могут применить архитекторы, и градостроители.

Целью исследования является определение особенности взаимодействия формы и энергоинформационной системы архитектурного пространства. Перед авторами встали задачи: на основе изучения научных концепций формирования элементов энергоинформационной системы архитектурного пространства определить факторы, влияющие на человека; возможность использования их механизмов в профессиональной деятельности архитектора; влияние механизмов восприятия формы архитектурного пространства и потенциал развития технических возможностей.

Теоретической базой исследования стали концепции в области:

- методики архитектурного проектирования и композиции: М.Г. Бархин, В.Л. Глазычев, В. Гропиус, А.В. Иконников, А.В. Степанов, С.О. Хан-Магомедов;
- будущего архитектуры: А.В. Рапопорт, А.В. Крашенинников, Г.А. Балашова, А.Э. Гутнов, Н.А. Сапрыкина, К. Кикутаке, Г.И. Лежава, К. Танге, Р.Б. Фуллер, И. Фридман, В.В. Шевченко;
- гуманитарных наук и философии: И. Кант, Р. Арнхейм, Р. Барт, Ж. Бодрийяр, В.И. Вернадский, У. Моррис, Р.Осборн, Ф. Рело, Дж. Рескин, Д. Юм, Э. Тоффлер, М. Фуко, Э.Г. Цыганкова, Н.Г. Чернышевский;
- естественных наук, физики и механики: Н. Винер, А.Н. Сахаров, К.Э. Циолковский, А. Эйнштейн, В.И. Вернадский (теория биосферы и ноосферы планеты Земля);
- физиологии и психологии восприятия: М. Вертгеймер, К. Дункер, В. Кёлер, К. Коффка, Дж. Локк, Г. Роршах, Г. Селье, К. Юнг.

Аспектами формы работают: размер (размерность), фигура (очертание) и состояние (положение в месте), собственно, что в свое время было внятно сформулировано германским физиком Г. Лейбницем, который продолжил и конкретизировал в физиологическом нюансе формообразования философию Аристотеля. Остановимся только на кое-каких интересующих нас качествах конфигурации формы (фигуры) и ее величины в процессе перемещения – становления, формирования [1].

В прогрессивной физико-математической науке известно это явление как «некрепкие эффекты» или же мелкие усложнения. Они представляются как первопричина нарушения симметрии. В небольших усложнениях скрывается гигантская мощь. К примеру, планеты движутся не по окружности, а по эллипсам, мало чем отличающимся от окружностей. В данной же планетной системе орбиты, по которым движутся планеты, лежат чуть ли не в одной плоскости. Известно появление небольших краевых смещений атомных слоев в молекулярной структуре, которые оказывают огромное воздействие на прочностные свойства строительного материала, и если бы не они, то модуль Юнга приближался бы к теоретическому [2].

Физики, в свое время, считали, собственно, что процессы, происходящие в мире искусственной природы, симметричны, но изобретение небольших отклонений в телесных явлениях принудили их не только поменять свое соображение, но и пересмотреть почти все законы физики и, в частности, понимание явлений перемещения.

В актуальной природе мы каждый день встречаемся с нарушением симметрии. Лист березы, фигура человека, ствол растения – и симметричны, и несимметричны. Не случайно К.А. Тимирязев именовал эти формы «чутко симметричными», т.е. «с отклонениями от симметрии» [3].

Небольшие по масштабу формы в зодчестве могут: адаптироваться к среде и поддерживать типовые признаки материальной формы; сберегать энергию (регуляция тепла, инсоляции, влаги) за счет конфигурации формы и ее размеров; адаптироваться к выбранному оптимальному восприятию механических нагрузок; содействовать вариативности сочетаний и комбинаций в непроницаемых «упаковках»; гарантировать гармоническое сочетание всех составляющих формы.

Профессионализм архитектора, инженера заключается в умении доводки формы за счет «чуть-чуть» – малых, неуловимых перемен. В преодолении безграничного повторения прямоугольных форм есть возможность провести исследование природных, представляющих собой образец такого подобия «индустриальности», в которой в единстве выступают функция, разработка и конфигурация. Нужно сказать несколько слов об интегральности места. Ф.Л. Райт проводил идею интегральности внутреннего и внешнего места зодчества. Место у Ф.Л. Райта не пустующее пространство, а насыщенное: зодчество, флора, климат, пластика рельефа. Неповторимость природного окружения заключается в неповторимости архитектурных образов. В результате место (по Ф.Л. Райту) – это производное масс зодчества и природы. Он говорил о существовании архитектуры Земли, Марса, Венеры. Зодчество людей Ф.Л. Райт считал продолжением зодчества Земли. «В XX веке доктрина относительности установила, что геометрические качества ее считаются самостоятельными, но ориентируются месторасположением масс (в науке был поставлен под сомнение вопрос о возможности существования мира по законам евклидовой геометрии)» [4].

По утверждениям А. Эйнштейна возможно сделать вывод, что «...место создано не только из взаимосвязанных между собой тел, но и зон их воздействия, то есть воображаемых продолжений тел и их пересечений. Иначе говоря, каждое место – продолжение жесткого тела, и нельзя предположить место, очевидно разделенное на фон и вещество. Касаясь вопроса геометрии градостроительства, А. Эйнштейн высказывает соображение, что прямоугольная планировка населенных пунктов не соответствует геометрическим свойствам плоскости земли, т.е. природе. По-видимому, А. Эйнштейн принимал прямоугольную (Эвклидову) форму зодчества как чужеродное тело в пространстве биосферы».

Прогрессивная физика отмечает это состояние и подтверждает идею прерывности определенного пространства и времени. Так, гравитационные взаимодействия определяют геометрические качества лишь только макрокосмоса. В микромире, где определяющими считаются ядерные силы, они играют ничтожную роль. Тут на первый план выступает структурная степень, или уровень материи как наиболее общая и обычная, чем пространственно-временной континуум, форма бытия. Одним из образов пространств является возможность рассматривать его как психологическое пространство, пересекающееся с материальной формой. Любой ландшафтный элемент системы Земли конкретен и индивидуален. Чем выше от плоскости Земли, тем более абстрагировано его пространство. В соответствии с этим, архитектурные объекты, расположенные ближе к Земле, имеют непосредственные для человека определенные формы в значении работы их пластики, выражения функции среды обитания.

Отношение архитектора к формообразованию неотъемлемо с эталонами гуманизма: свободы, равновесия, предпочтения к достоинству человека. При организации пространства, созидании целостного произведения, пространства развлечений и предметного обустройства для людей основными принципами архитектурного формообразования выступают эталоны организации жизни [5].

Если анализ творческого мышления концентрируется вокруг таких явлений, как способы мысленного моделирования объектов, процессы анализа и синтеза, соотношение образных и вербальных, интуитивных и логических компонентов, то анализ формообразования представляет деятельность как некоторую мыслительную совокупность взаимосвязей различных компонентов морфологии, создаваемого объекта между собой и существенными факторами. Это позволяет обобщить различные механизмы архитектурного формообразования, где выступают введенные общенаучные понятия «структура» и «информация».

На материальном уровне организации архитектурных объектов действуют два механизма структурообразования: материальное пространство и структурно-технологическая система. При этом оба во многом подчиняются единому, широко понимаемому принципу экономики. Совокупность базовых морфологических данных объекта исследования символически обозначена термином «морфология объекта».

Интерес представляют различные методы знания различных областей знаний. Тут мы вступаем в сферу отношений объективной реальности восприятия и субъективного отражения - область гносеологических противоречий в проектировании. Формируется возможность осознания важности, что методы отражения формы в пространстве определяют уровень их воздействия и влияние на формообразование. Стабильность устойчивых признаков формообразования объектов пространства в этнической архитектуре поражает продолжительностью жизни и тех же способов – объемно-планировочных, конструктивных, композиционных.

Язык архитектурных материальных форм передаёт пространственные, культурно-исторические и региональные значения. К ним можно отнести природно-климатические и традиционные значения. В архитектурно-пространственной среде передаются идеологические, символические, композиционно-художественные, типологические, эмоционально-художественные, социально-функциональные значения. Для проектирования важны планировочные, экологические, конструктивно-технологические смыслы человеческого бытия. Трактовка понятия «система» как способа связи элементов целого, принципа его строения, развивалась в работах общеметодологического характера [6].

Сопоставление в исследуемой теме осуществляется с общенаучными константами связи вещества, энергии, инфы и структуры. Введенная Г. Клаусом триада «вещество – энергия – информа-

ция» рассматривается им как линия атрибутивных свойств вещественного мира, корреспондирует с 3-мя уровнями формообразования, на которых включаются основы экономики.

Осознанно формулировались, к примеру, И.В. Жолтовским, по свидетельству его студентов, задачи программирования значимости такового или же иного пространства: «В случае, если Вы сформировали великолепным фойе театра, то довольно ли у Вас художественных средств на портал и занавес сцены?». В предоставленном отражается системный, продуманный подход к организации строения с точки зрения его информационно-эмоционального воздействия на человека. Этому поможет анализ опыта строительного формообразования в целом и его специфики во всевозможных культурах. Современная строительная работа зачастую опережает научно-теоретические исследования, основываясь на фрагментарных знаниях. Заметны тренды научного подхода к учету в организации интерьеров (в первую очередь производственных) эргономических, инженерно-психологических и других знаний, способствующих совершенствованию работы людей. В данном случае, сама жизнь заставляет более целостно осмыслить духовные, психические стороны архитектуры, и с помощью развитых научных воззрений в целостной картине представить влияние содержания архитектуры на формообразование. Идеи, образы, ощущения, настроения, пробуждаемые одним строительным объектом, оказываются совместными, сливаясь в единственную систему, которую мы и именуем произведением зодчества. Они сложно воздействуют на важнейшие характеристики создаваемого архитектурного объекта – системы ориентиров, информационные признаки функций, необходимые эмоциональные эффекты.

Строительные формы призваны делать обстоятельства для знания мира, пробуждения творческих интересов в процессе игры, установления информационного контакта со средой. Важным аспектом средообразования, адекватного процессам работы и поведения людей, считаются чувственные влияния строительной среды на человека.

Архитектурное творчество программирует эти оттенки впечатлений, которые важны в общем художественном воздействии зодчества. Оно безгранично в программировании разнообразных психологических состояний человека. Эти состояния материализуются сквозь художественное мышление зодчего в архитектурное формообразование и создание конкретной среды со свойственными ей художественными мыслями и видами.

Авторы констатируют, что естественно-научный подход к изучению архитектурного феномена возможен только при условии разработки механизмов изоморфического переноса определенных свойств реальных объектов на их формальные модели и последующем изучении этих моделей, отражающих искомые свойства. Чем точнее найден способ отображения интересующих нас качеств реального объекта или процесса, тем продуктивнее будет результат адекватных описанию реальных свойств архитектурных объектов. В связи с этим, в работе выделяются три основные типа моделей: феноменологические (отражающие внешние наблюдаемые зрителем характеристики моделируемых явлений), имитационные (связанные с имитацией интересующих исследователя свойств и сторон анализируемого объекта искусственным путем с учетом закономерностей и особенностей, установленных при предварительном анализе) и содержательные (вскрывающие внутренние, внешне ненаблюдаемые, механизмы явления).

Таким образом, предлагаемая методика предполагает, что одна структура может быть превращена в другую структуру благодаря некоей последовательности преобразований составляющих ее элементов и их связей. Наука накопила определенный опыт исследования сложных структур, изменяющихся во времени и пространстве под влиянием внешних воздействий.

Искусство, в том числе архитектурное, отличается важная специфическая информационная особенность. Она заключается в сочетании структурной упорядоченности и неполной недосказанности. То есть, в произведении используется свойство инерции сознания, когда дается импульс, запуск процесса усвоения информации, но оставляется возможность домыслить, доосвоить произведение по инерции в направлении, срежиссированном автором. Эта инерция считается сопереживанием – личностным включением в процесс взаимодействия с произведением. Отсюда и понятие «работа души» в процессе усвоения художественных творений, здесь оно полностью соответствует нашим энергоинформационным представлениям, изложенным ранее. В произведении искус-

ства, являющимся носителем информации, автор не только волей, но нередко интуитивно связывает несколько уровней структурных построений закладываемой информации.

Информационно-знаковые особенности организации зодчества дают возможность обнаружить разнообразную и очень трудную обусловленность строительного формообразования художественным образом. Эта попытка продемонстрирована авторами в статье о художественной форме. Включенность информационно-знаковых индивидуальностей организации строительных объектов в процессы художественной коммуникации не значит, впрочем, собственно, что коммуникация в зодчестве и все связанные с ней особенности формообразования не имеют все шансы рассматриваться как больше совместные, больше широкие коммуникативные появления.

Предпосылки нарушения свободного обмена (циркуляции) энергией, информацией – это наружные и внутренние, отрицательные/положительные энергоинформационные влияния на систему и соответствующие наружные и внутренние экологические влияния.

Взаимодействия – это основа некоторых трансформаций большого потока энергоинформационной системы, а также механизмов восприятия формы архитектурного пространства и высокий потенциал развития технических возможностей. Исследования формы являются фактором формирования энергоинформационной системы архитектурного пространства.

Список литературы

1. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. – М., 1988.
2. Гете И.Г. Избранные философские произведения. – М., 1979.
3. Гильберт К., Кун Г. История эстетики. – М., 1966.
4. Райт Ф.Л. Будущее архитектуры. – М., 1960.
5. Arnheim R. The Dynamics of architectural form. – Berkely; LosAngeles; London, 1977.
6. Зейтун Ж. Организация внутренней структуры проектируемых архитектурных систем. – М., 1984.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 73.31.11

М.К. Пшембаев

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

ХАРАКТЕР КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И НОВЫЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ

Анализируется механизм коррозионного износа бетонных покрытий под действием солей и температурных перепадов, разработана новая технология защиты с применением эффективных материалов.

Тұздар мен температуралық ауытқулар әсерінен бетон жабындарының коррозиялық тозу механизмі талданады, тиімді материалдарды қолдана отырып қорғаудың жаңа технологиясы әзірленді.

The mechanism of corrosion wear of concrete coatings under the influence of salts and temperature differences is analyzed, a new protection technology using effective materials is developed.

Ключевые слова: автомобильные дороги, коррозия бетонных покрытий, воздействия солей, перепады температур, новые технологии защиты.

Условия эксплуатации бетонных покрытий автомобильных дорог связаны с воздействием агрессивных сред. Наиболее частым химическим реагентом, вызывающим коррозию бетона, являются соли, прежде всего хлориды. В условиях резко континентального климата их воздействие усугубляется температурными перепадами, что приводит к размораживанию бетонного покрытия. Происходит разрушение растворной составляющей, образование микротрещин, по которым агрессивные растворы солей проникают глубоко внутрь бетонного камня. Поверхностные разрушения,

вплоть до сквозных, возникают даже через 4-5 лет эксплуатации. Поддержание нормального состояния автомобильных дорог требует частых ямочных ремонтов; в противном случае происходит полное разрушение покрытия.

Расходы на ремонт бетонных конструкций, включая автомобильные дороги, достигают астрономических величин. Так, в США ежегодно на эти цели расходуются 300 млрд. долларов [1].

Для защиты бетонных покрытий применяют пропиточные материалы. Их проникновение внутрь покрытия происходит в основном за счёт градиента внутренних напряжений [2]. В результате образуются защитные плёнки либо химические соединения с бетонным камнем, которые обладают повышенной коррозиестойкостью, а также препятствуют разрушению растворной составляющей. В странах Европы для пропитки широко применяют различные материалы в зависимости от характера агрессивного воздействия [3].

Наиболее часто для этих целей используют гидрофобные пропитки, а также пропитки, изготовленные на органополимерной либо на цементно-водной основе.

Анализ эффективности таких пропиток приведён в статье [4]. Так, гидрофобные пропитки имеют высокую стоимость, что снижает их конкурентоспособность. Кроме этого, они слабо защищают бетонное покрытие от растворов солей, так как водоотталкивающий слой ограничен в основном поверхностью бетона, и пропитка не проникает внутрь капилляров и пор материала.

Органополимерные пропитки проникают в капилляры и поры, заполняя их. Однако их полимеризация не приводит к физико-химическому взаимодействию с растворной составляющей бетона. Отсутствие такой связи способствует быстрому разрушению защитного покрытия из-за его отслоения, и процесс коррозии бетона возобновляется.

Наиболее перспективным в данном случае будет применение пропиточных составов на цементно-водной основе. Меняя компонент сухих смесей, затворяемых водой, и исследуя их влияние не только на коррозиестойкость, но и на другие свойства бетона, можно найти оптимальный вариант.

При выборе оптимального состава пропитки наряду с эффективностью её защитных свойств оценивалось влияние на прочность бетона. Для проведения исследований была выбрана добавка в пропиточно-кольматирующий состав гексафторсиликата магния $MgSiF_6 \cdot 6H_2O$. В результате такой добавки образовалась более плотная структура поверхностного слоя бетонного покрытия. Проникновение солевых растворов снижалось, что препятствовало коррозионному износу бетона.

Результаты экспериментальных исследований были опубликованы в статье [4]. Оказалось, что вышеупомянутая добавка отрицательно влияет на скорость твердения и на прочность бетона, вызывая их снижение, в особенности в ранние сроки. Спад прочности объясняется блокированием процесса гидратации цемента, причём эффект блокирования усиливается при увеличении количества добавки гексафторсиликата магния. Так, добавка в количестве 0,1 % от массы цемента приводит к снижению прочности с 17,4 МПа до 13,1 МПа в возрасте трёх суток, или с 37,6 МПа до 31,7 МПа в возрасте 28 суток по сравнению с контрольным образцом.

Изучение механизма твердения бетона потребовало проведения дополнительных исследований. Для этого отбирались индивидуальные минералы цементного клинкера: трёхкальциевый силикат C_3S , двухкальциевый силикат C_2S , трёхкальциевый алюминат кальция C_3A и четырёхкальциевый алюмоферрит кальция C_4AF . Добавка гексафторсиликата магния вводилась в пропиточный состав в количестве 0,1 % от массы цемента. Это объяснялось выявленным на первой стадии эксперимента минимальным снижением предела прочности бетона на сжатие. Было установлено, что максимальное снижение прочности имеет место в начальный период твердения, к 28 суткам различие в прочности контрольного и экспериментального образцов уменьшается.

Таким образом, деструктивная роль гексафторсиликата натрия сказывается в основном на начальной стадии твердения бетона. Следовательно, в состав бетонной смеси необходимо вводить ускорители твердения, которые будут способствовать быстрому процессу гидратации с образованием $Ca(OH)_2$.

Выбор добавок для ускорения твердения бетона, несмотря на их многочисленность [5], показал, что в данном случае оптимальным является карбонат калия. Применение хлоридов нерацionalmente, так как они приводят к коррозии; сульфаты и нитраты образуют высолы на поверхности.

Для оценки влияния добавок карбоната калия на прочность бетона испытывались образцы с его содержанием от 0,1 % до 1 % от массы цемента. Результаты исследования показали, что прочность опытных образцов существенно возрастает, причём превышает прочность контрольного образца при любом возрасте. Так, через 28 суток прочность контрольного образца составляет 37,6 МПа, а прочность экспериментальных образцов – от 59,0 МПа до 73,1 МПа [4]. Следовательно, добавка карбоната калия ускоряет процесс твердения; образующийся $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в результате взаимодействия с гексафторсиликатом магния заполняет поры бетона нерастворимыми фторидами магния и кальция, окиси кремния, что повышает его плотность и коррозиестойкость.

Проводилось также исследование добавок на прочность клинкерных фаз цемента, которое подтвердило гипотезу объёмного флюотирования бетонона. Так, прочность на сжатие образцов клинкерных фаз с добавками 0,5 % K_2CO_3 и 0,1 % гексафторсиликата магния во всех случаях была выше прочности контрольного образца, изготовленного без добавок [4]. Наиболее заметным явилось повышение прочности для силикатов и алюмината кальция. Эффект повышения прочности можно объяснить ускорением реакций гидратации и гидролиза клинкерных фаз.

Завершающей стадией исследований явилось изготовление и испытание образцов бетона на прочность при сжатии, водопоглощение и морозостойкость. Для них был принят оптимальный состав добавки, которая обеспечила как эффективную антикоррозионную защиту, так и требуемую прочность на сжатие. Она включала 0,1 % гексафторсиликата натрия и 0,5 % карбоната калия от массы цемента. Результаты испытаний приводятся в табл. 1.

На основании данных таблицы можно сделать вывод, что прочность бетона на сжатие увеличивается в 1,8-2 раза, водопоглощение снижается, морозостойкость увеличивается на 2 марки. Улучшение свойств бетона объясняется формированием наиболее плотной структуры бетона за счёт образования нерастворимых солей MgF_2 и CaF_2 [6].

Таблица 1

Свойства бетона при введении химических добавок

Содержание добавки, % от массы цемента	Прочность на сжатие образцов из индивидуальных клинкерных фаз, МПа, в возрасте, сут		Водопоглощение, %	Морозостойкость, F
	14	28		
контрольный образец	26,4	37,6	6,7	300
0,1 % $\text{MgSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ + 0,5 % K_2CO_3	38,3	73,1	5,8	500

Проведенные исследования доказали высокую эффективность новой комплексной добавки, так как её использование позволяет повысить прочность верхнего слоя дорожного покрытия, увеличить морозостойкость и защитить от коррозионного износа. Она превосходит по своим защитным свойствам пропиточные составы на органо-полимерной основе, которые подвергаются деструкции под действием переменных температур и солнечной радиации.

Этот состав может успешно конкурировать с добавками, применяемыми в странах дальнего зарубежья. Например, он может заменить разработанный в США состав «Burke – 0 – Lith», нашедший применение для защиты бетона покрытий автомобильных дорог, аэродромов и железобетонных конструкций мостов [7].

Список литературы

1. International Symposium of Building Materials and Components. – Syngapoar, 1987 - V. 1, 11. - 1988. – P. 412-132.
2. Бердов Г.И. Термодинамический анализ химических реакций образования минералов в системе $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ / Труды Новосибирского гос. архит.-строит. ун-та – 2001. – Т. 4. – № 4(15). – С. 46-50.
3. Бусел А.В., Матвейко Н.П. Коррозия и несиловые факторы разрушения дорожно-строительных материалов. Способы защиты: монография – Минск: БНТУ, 2009. - 215 с.

4. Пшембаев М.К. Эффективная защита бетонных дорог от солевой коррозии и действия знакопеременных температур // Вестник КАЗДОРНИИ. – 2015. – № 1/2. – с. 4-10.
5. Ушеров-Маршак А.В. Кинетическая селективность влияния химических добавок на процессы твердения цементов // Неорганические материалы. 2000. – Т. 35. – № 12. – с.1531-1534.
6. Леонович С.Н. Прочность конструкционных бетонов при циклическом замораживании-оттаивании с позиций механики разрушения. – Брест: БрГТУ, 2006. – 380 с.
7. Ушаков В.В. Ремонт цементобетонных покрытий автомобильных дорог // Обзорная информация. Автомобильные дороги. – 2002. – № 6. – С. 21.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 67.09.05

М.К. Пшембаев¹, Я.Н. Ковалев², В.Н. Яглов²

¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

²Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ГИДРАТАЦИИ И ТВЕРДЕНИЯ ЦЕМЕНТА В ПРИСУТСТВИИ НАНОЧАСТИЦ

В статье рассмотрены особенности механизма процессов гидратации портландцемента. Отмечена возможность формирования гидратных продуктов на границе раздела фаз с образованием на первом этапе аморфных нанодисперсных продуктов взаимодействия. Температура в системе несколько снижается. На втором этапе через четыре-шесть часов температура начинает расти за счет объединения первичных наночастиц. Для повышения скорости твердения используется внешнее воздействие на систему на первом и втором этапах процесса. Рассмотрена последовательность процессов гидролиза при твердении цемента. Рекомендован способ введения в бетон наноразмерных частиц кремнезема, гидросиликатов кальция и суперпластификаторов.

Мақалада портландцементті ылғалдандыру процестерінің ерекшеліктері қарастырылады. Бірінші сатыда аморфты нанодисперсияланған өзара әрекеттесу өнімдерін құра отырып, фазалық шекарада гидратталған өнімдерді қалыптастыру мүмкіндігі атап өтілген. Жүйеде температура аздап төмендейді. Екінші кезеңде, төрт-алты сағаттан кейін температура бастапқы нанобөлшектердің қосылуына байланысты көтеріле бастайды. Емдеу жылдамдығын арттыру үшін процестің бірінші және екінші кезеңдерінде жүйеге сыртқы әсер қолданылады. Цементті беріктендіру кезіндегі гидролиз процестерінің реттілігі қарастырылады. Кремнийдің, кальций гидросиликаттарының және суперпластификаторлардың нанобөлшекті бетонға енгізу әдісі ұсынылады.

The article discusses the features of the mechanism of Portland cement hydration processes. The possibility of the formation of hydrated products at the interface with the formation at the first stage of the interaction of amorphous nanodispersed products. The temperature in the system drops slightly. Temperature begins to rise through the pooling of primary nanoparticles. To increase the speed, the solid-state process is used in the first and second stages of the process. The sequence of hydrolysis processes during cement hardening is considered. The method of using nanosized particles of silica, calcium hydrosilicates and superplasticizers in concrete is recommended.

Ключевые слова: портландцемент, гидратация, гидролиз, твердение, нанодобавки, суперпластификаторы.

Нанотехнологические процессы всегда имели место в реакциях, связанных с растворением, химическим взаимодействием и кристаллизацией новых наноразмерных частиц. Надо полагать, что подобные процессы протекают и при гидратации портландцемента и других минеральных вяжущих веществ. Известно, что подобные процессы приводят к улучшению эксплуатационных свойств материалов, т.е. при переходе наноструктурных частиц в макроструктурные. Поэтому необходимо найти границы, за которыми заканчивается область действия нанотехнологий, и работать в пределах этих границ для получения принципиально новых материалов с уникальными

свойствами. Для этого, как совершенно справедливо заметили авторы статьи [1], необходимо проанализировать весь спектр накопленных знаний, опытов, достижений в области гидратации и твердения элемента.

В этой связи рассмотрим механизм гидратации портландцемента с классической точки зрения, а затем – его возможную связь с нанотехнологией.

В настоящее время популярно мнение, что твердение цементных композиций осуществляется путем растворения (гидролиза) клинкерных минералов, постепенного проникновения гидратационного фронта вглубь зерен вяжущего, пересыщения жидкой фазы гидратными продуктами, формирования и упрочнения кристаллогидратного комплекса. В связи с этим, технологически совершенным считается максимальное использование «клинкерного фонда» портландцемента, предусматривающее предельное превращение безводных цементных минералов в гидратные соединения [2].

Вместе с тем известны экспериментальные данные [3,4,5], косвенно свидетельствующие о поверхностном характере гидратации клинкерных минералов («инконгруэнтное» растворение силикатов кальция с преимущественным выходом в жидкую фазу ионов кальция; отсутствие «адсорбционного диспергирования», растворения клинкерных частиц; стадийность структурообразующего процесса; его качественная независимость от водоцементного фактора и наличия заполнителей; практически мгновенная деструкция бетона при воздействии повышенных температур).

Гидратация цементных минералов, локализованная на границе раздела фаз, протекает в плотной области двойного электрического слоя путем стадийного формирования в межфазной зоне промежуточных неравновесных энергетических комплексов с их развитием (аккумулированием внутренней энергии) и распадом (химическим взаимодействием реагентов). Данный аспект в полной мере соответствует базовому положению химической кинетики, предусматривающему переход системы из одного состояния в другое через ее промежуточное активированное состояние. В начальной стадии твердения гидратационные акты протекают через близкие временные (индукционные) интервалы. По мере гидратации активных поверхностных центров цементных зерен, снижения их энергии и уменьшения в системе активных диполей, продолжительность индукционных интервалов все более увеличивается. Сопровождающий процесс вакуум обеспечивает самоорганизацию цементных частиц до появления контактов аморфных гидратных продуктов с последующим уплотнением и упрочнением контактных зон. Затвердевший цементный камень представляет собой не пресловутый кристаллический и тому подобный «сросток», а именно «микробетон» (термин В.Н. Юнга), состоящий из поверхностно гидратированных клинкерных частиц (выполняющих структурообразующую роль «крупного заполнителя»), аморфных гидросиликатных «клеевых прослоек», межзерновых пустот, микротрещин, пор, раковин, капилляров различных форм и размеров [4, 5]. Особенностью микробетона является наличие на гидратированной поверхности частиц локально рассредоточенных динамически равновесных структур «остаточные активные центры – адсорбированные кластеры», которые необходимо учитывать в производственной и строительной практике для предотвращения поздних гидратационных актов. Таким образом, гидратационный и структурообразующий процессы более справедливо оценивать не со сквозьрастворных, а с поверхностных топохимических представлений. Полученные автором [4] результаты дополнительных экспериментов свидетельствуют о правомерности данного заключения. Негидратированные объемы частиц вяжущего в практически неизменном виде сохраняются на протяжении многих десятилетий, о чем свидетельствуют рентгенофазовый и электронно-микроскопический анализы образца в 31-летнем возрасте.

С учетом изложенного можно сделать следующие выводы [5]:

1) в основе взаимодействия гетерогенной цементной системы, дисперсная твердая фаза которой характеризуется энергетически ненасыщенными активными центрами, а жидкая – «полярными» свойствами, в основе которых лежат электроповерхностные явления. Образование гидратных продуктов осуществляется через стадии формирования в межфазной зоне неравновесной временной энергетической композиции, состоящей из поверхностных элементов клинкерных зерен и кластеров диполей, с последующим ее развитием (накоплением собственной энергии) и распадом;

2) элементарный гидратационный акт включает последовательность этапов: адсорбцию молекул воды активными центрами клинкерных зерен, формирование полимолекулярного неравновес-

ного (пористого) двойного электрического слоя (ДЭС), локализацию твердой фазы, повышение плотности заряда ДЭС, возбуждение системы «адсорбат-адсорбент» (индукционная стадия), достижение критического энергетического состояния, разрушение молекул воды (появление активных групп OH^- , H_3O^+), разрыв $\text{Ca}-\text{O}$ -связей в структуре цементных минералов, химическое взаимодействие компонентов с образованием гидратных продуктов в виде локальных аморфных скоплений, покрывающих поверхность цементных зерен, резкое потребление активными точками клинкерных частиц очередной порции диполей, развитие в межзерновых пустотах вакуума и самоорганизацию (стяжение) клинкерных частиц;

3) гидратация цементных минералов сопровождается гидролизом силикатной части клинкера с преимущественным «выбросом» в жидкую среду ионов кальция. Гидролизные «остатки» $(\text{SiO}_4)_4$ остаются на поверхности цементной частицы, связываются с высокоактивными продуктами распада молекул воды, образуя водонепроницаемый барьер, что делает маловероятным проникновение гидратационного фронта вглубь плотного тела клинкерного зерна. Гидратация портландцемента имеет поверхностный (топохимический) характер, в связи с чем такое понятие как «степень гидратации портландцемента» должно включать не глубинный, а поверхностный смысл [5];

4) твердение цементных композиций представляет собой чередование «индукционных» (подготовительных) интервалов и быстротечных моментов химического взаимодействия компонентов, что и определяет давно известную «скачкообразность» процесса. В начальный период (до максимума тепловыделения) гидратообразование протекает через каждые 90 ± 10 мин при «нормальных» условиях твердения портландцемента обычного химического и минералогического составов;

5) гидратационное твердение цементных систем – это одновременное и взаимосвязанное протекание структурообразующих и деструктивных явлений. Развивающийся в системе вакуум является позитивным фактором, «движущей силой» структурообразования, обуславливающей стяжение цементной системы, формирование и упрочнение контактных зон цементных зерен, приобретение затвердевшим материалом необходимых свойств. В то же время стадийное накопление на поверхности клинкерных частиц гидратных продуктов приводит к механической раздвижке ранее образовавшегося гидрата, временному ослаблению структурных связей системы, что выражается в «пилообразном» росте прочности цементных бетонов и возможных «сбросах прочности» в поздние сроки.

6) затвердевший цементный камень – «микробетон», материал, состоящий из частично гидратированных клинкерных зерен (выполняющих функцию «крупного заполнителя», определяющих физико-технические свойства конечного продукта), склеенных аморфными гидросиликатными прослойками. Его отличительной особенностью является наличие на гидратированной поверхности зерен локально рассредоточенных динамически равновесных структур (остаточные негидратированные активные центры – адсорбированные кластеры), которые следует учитывать в производственной практике.

Таким образом, образование нанодисперсной системы имеет исключительно важное значение в начальный период гидратации цемента, когда образуются частицы надмолекулярного уровня дисперсности (1-5 нм), состоящие не менее чем из трех элементарных ячеек и обладающие свойствами фазы. Частицы такого уровня дисперсности при различном химическом составе обладают общим признаком – чрезвычайно развитой поверхностью, которая составляет $350-450 \text{ м}^2/\text{г}$; при истинной плотности первичных продуктов гидратации $1500-2200 \text{ кг}/\text{м}^3$ среднеповерхностный размер частиц составляет 6-11 нм [6]. Образование первичных гидратированных частиц нанодисперсного размера и последующее их объединение за счет взаимного срастания в условиях появления стесненного состояния является наиболее общим признаком проявления вяжущих свойств для всех вяжущих систем. С момента объединения первичных частиц начинается формирование сначала коагуляционной, а затем и кристаллизационной структуры цементного камня, что сопровождается значительным уменьшением удельной поверхности продуктов гидратации. Образование первичной нанодисперсной системы при гидратации цемента подтверждается характером термокинетических кривых [7]. Первичный, наиболее интенсивный пик тепловыделения обусловлен уменьшением свободной поверхностной энергии твердой фазы и выделением теплоты смачивания. Вклад в тепловыделение вносят также гидролиз C_3S и гидратация других минералов. Дли-

тельность этого тепловыделения составляет примерно 0,5-1 ч, что сопоставимо с длительностью начальных сроков схватывания цемента. Начало схватывания цемента обусловлено появлением нанодисперсных гидратированных частиц, которые связывают значительную часть воды затворения за счет увеличения объемной концентрации твердой фазы в системе цемент-вода начинается увеличение ее пластической прочности. В период сроков схватывания происходит адсорбционное связывание всей свободной воды, и система цемент-вода приобретает твердообразное состояние и значительную прочность [8].

Образование первичных нанодисперсных продуктов имеет исключительно важное значение для стабильного развития во времени гидратации цемента, так как при диспергировании увеличивается степень беспорядка в системе, и гидратация обеспечивается энтропийным фактором. В то же время если бы гидратация цемента обеспечивалась только энтропийным фактором, то наблюдалось бы значительное уменьшение температуры системы. В действительности такого явления не наблюдается, и после некоторого снижения температуры системы в индукционном периоде (преобладание энтропийного фактора) через 4-6 часов после затворения температура системы начинает увеличиваться за счет выделения тепла при объединении первичных нанодисперсных частиц в более крупные и стабильные агрегаты, а также тепла, выделяющегося при взаимодействии диполей и ионов воды с негидратированной поверхностью частиц (преобладание энтальпийного фактора). Соотношение значений энтальпийного и энтропийного факторов в системе цемент-вода обеспечивает отрицательное значение энергии Гиббса в течение длительного времени гидратации, а различные по знаку тепловые эффекты объединения нанодисперсных частиц (+) и поверхностного диспергирования зерен цемента (-) стимулируют автоколебательное течение реакций взаимодействия клинкерных минералов с водой, включая индукционный и последующий периоды гидратации [8].

Необходимо отметить, что диспергирование частиц цемента происходит в основном за счет протонирования приповерхностных и поверхностных слоев частиц.

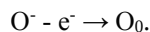
Ионы гидроксония (H_3O^+), образующиеся в процессе гидролиза при первичном контакте воды с частицами цемента, обладают аномально высокой подвижностью ($3,26 \cdot 10^{-5}$ м/с) и высокой проникающей способностью, так как их размеры меньше размеров кристаллической решетки клинкерных минералов. Гидратированные протоны, проникающие в кристаллическую решетку минералов, связываются прочной водородной связью с электроотрицательными атомами кислорода и образуют гидроксиды. Кроме того, гидратированные протоны вступают в реакции ионного обмена с катионами минералов, в результате чего совместно с гидроксидными ионами образуются первичные молекулы $\text{Ca}(\text{OH})_2$, размер которых сопоставим с размерами кристаллической решетки основных минералов, и за счет этого происходит расклинивающее разрушение поверхностного слоя частиц цемента с образованием нанодисперсных гидратированных частиц. Постоянное диспергирование исходных частиц цемента, образование и укрупнение нанодисперсных гидратированных частиц в период схватывания приводят к заполнению свободного порового пространства системы цемент-вода, возникновению внутреннего давления и стесненного состояния, которые стимулируют перекристаллизацию первичных продуктов гидратации в более стабильное состояние с плотностью 2400-2600 кг/м³. К концу сроков схватывания на термокинетической кривой появляется значительный экзотермический эффект, и в это время происходит схватывание цементного теста и интенсивное формирование прочного кристаллического каркаса цементного камня. Содержание капиллярно-неподвижной воды в цементном тесте, определенное по методу влагоемких сред (сжатие лепешки цементного теста с В/Ц = 0,3 толщиной 1-2 мм, помещенной между двумя пакетами фильтровальной бумаги, при давлении 6,55 МПа в течение 10 мин), составляет в течение всего периода схватывания 12-13 % и лишь к концу сроков схватывания резко увеличивается до 17 %. Этот факт подтверждает перекристаллизацию и свидетельствует о том, что вода в первичных гидратированных продуктах удерживается адсорбционными силами вплоть до конца сроков схватывания. Увеличение плотности продуктов гидратации при их перекристаллизации приводит вновь к появлению свободного порового пространства в системе и свободной воды, которая вступает во взаимодействие с негидратированными частицами цемента, и такой цикл гидратации повторяется с затухающей интенсивностью в течение длительного времени [9].

Гидратация и твердение цемента являются глубоко взаимосвязанными, и управлять ими можно на основе детального анализа их механизма. Если движущей силой процесса гидратации является разность тепловых эффектов присоединения воды твердой фазой и диспергирования исходных частиц цемента, то движущей силой твердения является увеличение объемного содержания твердой фазы в системе за счет образования гидратированных продуктов. Поэтому для ускорения твердения необходимо интенсифицировать образование первичной нанодисперсной системы за счет изменения ионного состава воды, регулирования ее адсорбционных свойств применением электрофизических методов внешнего воздействия и усиления диспергирования путем дополнительного подвода тепла к системе. Повысить прочность цементного камня и изделий на его основе можно организацией равномерной кристаллической структуры в момент перекристаллизации первичных продуктов гидратации за счет введения кристаллизаторов цемента (кренгов), находящихся в нанодисперсном состоянии (микрокремнезем, жидкое стекло, двуводный нанодисперсный гипс, предварительно полученные гидросиликаты кальция и т.п.).

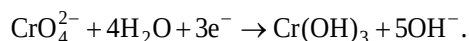
Гидратационная активность портландцементных клинкерных минералов связана также с энергией связи валентных электронов, их составляющих [10, 11]. С уменьшением энергии связи валентных электронов степень гидратации и активность цемента возрастает.

Исследование образцов из высокочистого гидратированного C_3S показало, что один из пиков на кривой термoluminesценции в УФ-свете, характерный для негидратированного C_3S , постепенно исчезает [10]. Одновременно на кривой появляется пик, обусловленный гидратацией C_3S , который с течением времени возрастает и достигает максимума при исчезновении пика негидратированного C_3S . Эти явления, вероятно, связаны с выходом захваченных электронов с поверхности центров кристаллизации, что свидетельствует о важной роли захваченных электронов в индукционный период при гидратации C_3S .

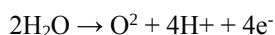
При гидратации минералов вода на их поверхности адсорбируется в виде H_2O и ионов H^+ и OH^- , которые взаимодействуют с ионами C_3S . В работах [10, 11] показано, что эти реакции сопровождаются электронными переходами, например: от иона O_2^- к иону H^+ , от иона OH^- к иону Ca^{2+} . Химические реакции, связанные с электронными переходами, характеризуются значительным выделением энергии и снижением прочности связи поверхностных ионов с кристаллом. При этом могут осуществляться реакции, связанные с двухзарядным ионом кислорода, с выделением энергии в количестве 850 кДж/моль:



То, что электроны участвуют в гидратации и твердении минеральных вяжущих веществ, наглядно продемонстрировано в работе [10]. Например,



Поставщиком электронов в этой реакции может быть вода по реакции:



или поверхность цементных минералов, обладающих донорно-акцепторной способностью. При реализации этих реакций повышение степени гидратации вяжущих и прочности цементного камня обусловлено локальным проявлением кислотности среды и интенсификацией протонирования связей в силикатных фазах. Кроме того, хромат калия усиливает в гидросульфаталюминате ковалентную связь, что также способствует повышению прочности цементного камня. Показано [12], что при добавке хромата калия прочность бетона в условиях нормального твердения в первые сутки достигает 70-100 % от марочной прочности.

Участие электронов в процессе гидратации и твердения наглядно подтверждается степенью окисления вводимых добавок. Установлено, что добавки, катионы которых имеют низкую степень окисления (SnO ; PbO ; $PbCO_3$; $PbSO_4$), способные проявлять восстановительную активность, прекращают процесс твердения цемента, а добавки, имеющие высокую степень окисления ($SnCl_4$; PbO_2), способны проявлять акцепторные свойства и активируют цемент [13].

Таким образом, подводя итог, можно констатировать следующее:

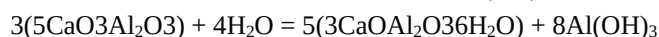
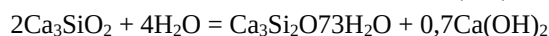
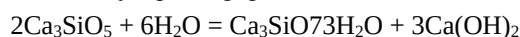
- реакционная способность цемента зависит от кристаллохимического состояния кислорода в его структурных составляющих; при гидратации силикатных составляющих клинкера радикал SiO_4^{4-} полимеризуется путем перехода кислорода O^- в O_0 ;

- химическая реакция между составляющими воды и клинкерных минералов сопровождается взаимодействием воды с активными центрами поверхности частиц, связанными с захватом электронов;

- соли 3d-элементов, катионы которых могут быть акцепторами электронов, положительно влияют на процесс гидратации твердеющих систем.

Следует также отметить, что основные клинкерные минералы (C_3S , $\beta\text{-C}_2\text{S}$, C_3A и C_4AF) в процессе обжига образуются таким образом, что им присуще неустойчивое метастабильное состояние, благодаря чему они в размолотом виде взаимодействуют с водой. Растворимость C_3S в воде при температуре окружающей среды 20 °С достигает 0,0015 моль/л, $\beta\text{-C}_2\text{S}$ – 0,0011 моль/л, C_3A – 0,0071 моль/л. На первом этапе в твердеющей системе развиваются физико-химические процессы на атомно-молекулярном (или ионном) уровне. Взаимодействие клинкерных минералов можно представить следующими химическими уравнениями [13]:

- в молекулярной форме:



- в ионной форме:

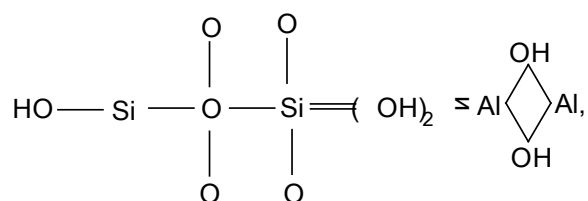


Следует отметить, что все приведенные химические уравнения характеризуют общую картину физико-химических процессов, протекающих в твердеющей системе. В действительности же при гидратации вяжущих материалов имеют место:

- реакции замещения, при которых происходит ионный обмен между составляющими системы «цемент-вода», например: $[\text{SiO}_4]^{4-} \rightarrow [\text{OH}]_4^{4-}$;

- реакции присоединения, при которых гидратированные ионы (OH^-) и (H^+) проникают в структуру цемента с образованием гидратных фаз;

- реакции комплексообразования, при которых образуются силанольные и гидраргиллитные группы типа

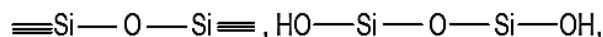


являющиеся промежуточными состояниями силикатоалюминатных комплексов перед взаимодействием их с ионом кальция [14].

Можно предположить, что реакция замещения имеет место в основном при растворном механизме гидратации цемента, а реакция присоединения – при топотаксическом и топохимическом взаимодействии, реакция же комплексообразования может осуществляться как через раствор, так и топохимически.

Очевидно, в начальной стадии процесс гидратации цемента протекает путем топотаксической и топохимической реакции, а затем по реакции замещения. Реакция комплексообразования занимает промежуточное положение. Надо полагать, что такой механизм гидратации твердеющих систем возможен, пока из гидратных зерен цемента не образуются экранирующие пленки достаточной толщины. При образовании таких пленок трудно судить достаточно определенно о последовательности дальнейшего протекания реакции. Скорее всего, все эти реакции могут происходить одновременно, но с разной скоростью [14].

На твердение цемента решающее влияние оказывает степень полимеризации кремниевой кислоты и связанная с ней кристаллизация гидросиликатов кальция, ответственных за свойства цементного камня. При создании необходимых условий для полимеризации кремниевой кислоты электроакцепторная способность кремния резко возрастает, что обусловлено уменьшением электронной плотности на его атоме. В этих условиях кислороду удобнее соединиться с кремнием, создавая силанольную цепь типа



чем образовывать, например, структуру типа $\text{Si} - \text{O} - \text{Ca}^+$. Поэтому полимеризация кремнекислородных радикалов в определенных условиях предшествует образованию гидросиликатов кальция, а это отрицательно влияет на набор прочности цементного камня. Как известно [13, 14], степень полимеризации и состояние кремниевой кислоты зависит от pH среды. В сильно щелочной среде, какой является твердеющая цементная система, кремниевая кислота существует в виде аквогидроксоионов типа $[(\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{Si}(\text{OH})^5]^-$. Это существенно повышает скорость образования гидратных фаз.

Таким образом, поликонденсация и полимеризация кремнекислородных радикалов до момента объединения зародышей гидросиликатов кальция отрицательно влияет на твердение цементного камня. Для получения высокопрочного цементного камня необходимо, чтобы в начальной стадии взаимодействия с ионами кальция кремниевая кислота находилась в диссоциированном состоянии, а полимеризация кремнекислородных анионов происходила позднее – в период объединения зародышей гидросиликатов кальция, т.е. возможно следует вместе с цементом вводить наночастицы, состоящие из продуктов гидратации цемента. С момента возникновения гидратных цементующих фаз твердеющая система начинает схватываться. В системе начинают происходить структурообразующие процессы, продолжающиеся в течение 3-5 часов в зависимости от дисперсности и химико-минералогического состава портландцемента. Для схватывания системы необходимы следующие условия:

- гидратные фазы, возникшие топотаксически, топохимически и через раствор, должны иметь меньшую растворимость, чем исходные компоненты твердеющей системы;
- жидкая фаза должна быть пересыщенной по отношению к новообразованиям, что будет способствовать осаждению из пересыщенного раствора гелеобразных, коллоидных и субмикроркристаллических новообразований, состоящих из наноразмерных частиц;
- наноразмерные частицы должны находиться в стесненных условиях, чтобы они образовывали больше контактов друг с другом.

Такие условия вполне соблюдаются при гидратационном твердении цементного теста, бетона и изделий на их основе в существующих технологиях производства, в связи с чем они приобретают определенную прочность и плотность. В процессе схватывания в твердеющей системе образуются различные гидросиликаты, гидроалюминаты, гидросульфалюминаты кальция и портландит. Первоначально, в момент схватывания цементного теста, размеры гидратных фаз невелики; образующиеся частицы достигают размера 1-100 нм, а удельная поверхность – примерно $400000 \text{ м}^2/\text{кг}$. Образование гидратных фаз осуществляется в несколько стадий: коагуляция, зародышеобразование, кристаллизация, сцепление между собой гелеобразных, субмикроркристаллических и кристаллических гидратных фаз. При этом гидроалюминаты и гидросульфалюминаты кальция и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ формируются в виде пластинок, а гидросиликаты и высокоосновные гидросульфалюминаты кальция образуются преимущественно в виде волокнистых новообразований. Прочность твердеющих систем, главным образом, зависит от свойств гидросиликатов кальция. В результате дальнейшей гидратации

исходных составляющих цемента и перехода гидратных фаз из менее стабильного в более стабильное состояние цементный камень приобретает относительно повышенную прочность (примерно 1-2 % от теоретической прочности плотного материала). В этот же период осуществляется перекристаллизация новообразований и дальнейший рост кристаллов гидратных фаз, которые вызывают деструктивные процессы. Размеры кристаллов могут достигать 100 мкм и более, удельная поверхность гидратных фаз снижается до 200000-280000 м²/кг. Чрезмерному росту особенно подвержены кристаллы Са(ОН)₂ и процессы перекристаллизации гидросульфоалюминатов кальция, что приводит к снижению прочности уже затвердевшего в определённых условиях камня.

Таким образом, механизм гидратации и твердения цемента во времени изменяется преимущественно в следующей последовательности:

I стадия – взаимодействие цемента с водой происходит на электронном уровне: акцепторы электронов повышают гидратационную активность цемента, а доноры, наоборот, её снижают;

II стадия – гидратация и гидролиз цемента осуществляется на атомно-молекулярном (или ионном) уровне; она может происходить по топотаксическому, топохимическому механизму или через раствор;

III стадия – структурообразование или схватывание цементного теста, во время которого в твердеющей системе возникают гелеобразные, коллоидные и субмикроструктурные новообразования с наноразмерами частиц;

IV стадия – дальнейшая гидратация цемента; в этой стадии преобладает старение гелевых составляющих системы, а также рост и перекристаллизация сформировавшихся кристаллов гидратных фаз.

Анализируя вышеуказанные стадии, можно сделать вывод, что возникновение гидратных фаз твердеющих систем в первых трех стадиях подчиняются одному из главных принципов нанотехнологии: «снизу вверх», а в четвертой стадии размеры гидратных фаз начинают превышать 100 нм.

Возникает вопрос: какие меры можно предпринять для соблюдения принципов нанотехнологии на протяжении всех стадий гидратации и твердения цемента? Таких мер автор [15] предлагает несколько.

Для ныне существующих цементов это достигается путем введения в состав твердеющих систем нанодобавок. Например, при введении пыли аморфного кремнезема с удельной поверхностью 15000-30000 м²/кг прочность бетона может достигать 100 и более МПа. Повышенная эффективность этой нанодобавки заключается в том, что:

- частицы нанодобавки становятся центром зародышеобразования, что способствует массовой (лавинной) кристаллизации гидратных фаз с наноразмерами частиц; это, в свою очередь, приводит к образованию преимущественно низкоосновных гидросиликатов кальция, обладающих повышенной прочностью по сравнению с высокоосновными гидросиликатами кальция. Первые образуют волокнистые кристаллы, что является дополнительным положительным фактором для улучшения свойств цементного камня и бетона;

- в результате химического взаимодействия аморфного кремнезема с известью образуются низкоосновные гидросиликаты кальция, что, во-первых, способствует снижению содержания извести в цементном камне, во-вторых, тормозит переход волокнистых кристаллов гидросульфоалюминатов кальция в пластинчатые;

- нанодобавка кремнезема способна взаимодействовать с поверхностью зерен крупного и мелкого заполнителя, тем самым она является связующим мостом между гидратной фазой цементного камня и заполнителем, что значительно упрочняет контактную зону;

- в качестве нанодобавки необходимо вводить в состав цемента или формировать в объеме цементного теста наноразмерные частицы гидросиликатов кальция, играющих роль центров кристаллизации;

- повышенное содержание низкоосновных гидратных фаз, в частности гидросиликатов кальция, приводит к увеличению плотности твердеющей системы. В результате введения нанодобавки процесс гидратации и твердения цементного теста осуществляется в рамках первых трёх стадий, исключая четвертую стадию.

Другой способ повышения прочности и плотности бетонов и изделий на основе портландцементов – это введение в состав бетонной смеси супер- и гиперпластификаторов, также обладающих наноструктурными свойствами. Очевидным положительным эффектом этого вида добавки является ее пластифицирующее действие, снижающее водопотребление бетонной смеси, и тем самым, повышающее плотность бетона. Следствием является увеличение прочности бетона, несмотря на то, что степень гидратации цемента при этом снижается. Однако этим не исчерпывается положительная роль суперпластификаторов. Главный довод того, что суперпластификаторы действуют в твердеющей системе на наноуровне заключается в следующем:

- в присутствии суперпластификаторов образующиеся гидратные фазы, включая гидратную известь, кристаллизуются в виде волокон, т.к. указанные пластификаторы имеют полимерную структуру;

- образование гидратных фаз осуществляется преимущественно топотаксически и топохимически;

- в целом такая система представлена мелкокристаллической структурой с преобладанием частиц наноразмера и подвержена минимальной возможной перекристаллизации.

Таким образом, в присутствии супер- и гиперпластификаторов гидратационные процессы твердения бетона также осуществляются преимущественно в рамках первых трех стадий [12, 13, 14, 15].

Список литературы

1. Шейкин А.Г. Структура, прочность и трещиностойкость цементного камня / А.Г. Шейкин. – М.: Стройиздат, 1974. – 192 с.
2. Сергеева О.В. Введение в нанохимию: учеб. пособие / О.В. Сергеева, С.К. Рахманов; БГУ. – Минск, 2009. – 176 с.
3. Пул Ч. Нанотехнологии: учебник / Ч. Пул, Ф. Оуэнс. – М.: Техносфера, 2006. – 336 с.
4. Сергеева О.В. Современное естествознание: наноуровень: методическое пособие / О.В. Сергеева. – Минск: РИВШ, 2005. – 40 с.
5. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии: учебник / А.И. Гусев. – М.: Физматлит, 2005. – 416 с.
6. Смирнов В.М. Химия наноструктур. Синтез, строения, свойства: учебное пособие / В.М. Смирнов: СПб. – С. Петерб. 1996. – 196 с.
7. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы: учебное пособие / Р.А. Андриевский. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 192 с.
8. Выбор технологии получения наноразмерных модификаторов для строительных композитов / Р.В. Тарасов [и др.] // Изд. вузов. Строительство. – 2009. – №10. – С. 86-88.
9. Коротких Д.Н. О требованиях к модифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов / Д.Н. Коротких, О.В. Артамонова, Е.М. Чернышов // Технологии бетонов. – 2009. – № 9-10. – С. 86-88.
10. Шабанова Н.А. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема / Н.А. Шабанова, П.Д. Саркисов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 208 с.
11. Шабанова Н.А. Химия и технология нанодисперсных оксидов / Н.А. Шабанова, В.В. Попов, П.Д. Саркисов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 300 с.
12. Шабанова Н.А. Синтез и агрегативная устойчивость концентрированных гидрозолей кремнезема: Автореф. дисс. ... док. хим. наук / Н.А. Шабанова. – М., 1985. – 43 с.
13. Высоцкий, С.А. Минеральные добавки для бетонов / С.А. Высоцкий // Бетон и железобетон. – М., 1999. – №2. – С. 7-10.
14. Старучков Д.С. Математическое моделирование эксперимента при получении высокопрочного тяжелого бетона с золь содержащими добавками / Д.С. Старучков, Д.П. Мандрица, В.В. Кожин, И.В. Степанова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2013. – № 5. – С. 40-46.
15. Старучков Д.С. Метод модифицирования поверхностного слоя бетона кремнезолью в процессе твердения / Д.С. Старучков // Транспортное строительство. – 2016. – № 12. – С. 24-26.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 50.53.17

С.Б. Рахметулаева, М. Куанышбек

Международный университет информационных технологий, г. Алматы

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ МОЗГА НА ОСНОВЕ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА

В данной статье рассматриваются методы разработки и исследования систем на основе нейрокомпьютерного интерфейса. Данные методы будут использованы при разработке системы, позволяющей обездвиженным пользователям обмениваться информацией и взаимодействовать с другими людьми, а также контролировать различные элементы их окружения с помощью экзоскелета.

Бұл мақалада нейрокомпьютерлік интерфейс негізінде жүйелерді құру және зерттеу әдістері қарастырылады. Бұл әдістер мүмкіндіктері шектеулі адамдарға ақпарат алмасуға және басқа адамдармен қарым-қатынас жасауға, сондай-ақ олардың қоршаған ортасының әртүрлі элементтерін экзоскелет көмегімен басқаруға мүмкіндік беретін жүйені құру мақсатында зерттеліп, құрастырылуда.

This paper describes methods of brain-computer interface (BCI) that will be used to assist disabled people to exchange information and interact with other people, as well as to control various elements of their environment with exoskeletons.

Ключевые слова: *нейрокомпьютерный интерфейс, экзоскелеты, Brain Computer Interface.*

Нейрокомпьютерный интерфейс (англ. brain-computer interface, mind machine interface, brain-machine interface, интерфейс «мозг-компьютер», зачастую используется сокращение BCI) – специальный вид интерфейса, созданный для обмена информацией между мозгом и средствами вычислительной техники. Одной из задач, стоящих перед исследователями, работающими в данной области, является создание устройств, которые позволят людям с утраченными способностями организма полноценно взаимодействовать с окружающим миром [1]. Одним из таких решений является экзоскелет. Экзоскелет – это устройство, предназначенное для выполнения утраченных функций при разного рода дисфункциях человека и для усиления человеческих физических возможностей. Впервые взялись за разработку такого устройства General Electric совместно с ВС США в 1960-х годах. В то же время велась особая революционная разработка нейрокомпьютерного интерфейса (BCI) для обмена информации между мозгом и компьютерным устройством. Интеграция Brain Computer Interface (BCI) имеет потенциал для содействия пониманию фундаментальных принципов нейронного контроля движения, распознавания образов и также других функций, которые выполняет мозг человека [2]. В данной работе мы затронем тему, связанную именно с контролем движения. Сейчас уже разработаны прототипы способные на считывания сигналов мозга для управления движением. Все эти разработки ведутся для того, чтобы улучшить качество жизни парализованных людей, увеличить физические возможности человека и принести большой вклад в науку.

Моторный мозговой компьютерный интерфейс (MI-BCI) обеспечивает канал для общения, не используя мышечную моторику, для тех, кто страдает от нервных расстройств. Общий пространственный паттерн (CSP) достаточно мощный и широко используется в BCI для извлечения функций в задачах двигательной съемки. Классификаторы переводят эти функции в команды устройства. Было разработано много алгоритмов классификации, среди которых «Машина опорных векторов» (SVM) и «Линейный дискриминационный анализ» (LDA). Также были проведены исследования с использованием глубоких нейронных сетей для классификации задач моторных изображений. Разберём основные модули для системы BCI, которые будут использованы при разработке системы для эффективной работы с моторными функциями.

Основные модули программного обеспечения. При разработке нейрокомпьютерного интерфейса прибегают к следующим пунктам: получение сигнала, предварительная обработка, последующее извлечение признаков, классификация, интерфейс. Каждый пункт является шагом для построения системы BCI. Опишем подробно работу вышеперечисленных пунктов:

1. Получение сигнала. Модуль сбора сигналов отвечает за регистрацию электрофизиологических сигналов, которые обеспечивают ввод в BCI. Эти сигналы записаны с кожи головы или с поверхности мозга или нейронов деятельность. BCI может использовать инвазивные или не инвазивные методы получения сигнала. Инвазивные методы – это электрокардиограммы (ЭКоГ) и одоней-

ронные записи; они лучшего качества сигнала по сравнению с не инвазивными методами. Не инвазивные методы – электроэнцефалограмма (ЭЭГ), магнитоэнцефалограмма (MEG), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), функциональная магнитная резонансная томография (МРТ) и ближняя инфракрасная спектроскопия (NIR). Полученные сигналы усиливаются для повышения силы и оцифровываются до того, как они будут использованы любым компьютерным приложением [3].

2. Предварительная обработка. Задача её состоит в том, чтобы подготовить записанные сигналы для обработки путем повышения отношения сигнал/шум (SNR). Часть ЭЭГ сигнала, который исходит от мышечной деятельности головы и движения глаз, генерирует электрическую активность, которая не связана с мозгом. Такая часть сигналов считается артефактом и не должна обрабатываться, сохранять и выставлять соответствующую информацию. Поэтому предварительная обработка сделана для удаления артефактов в сигналах ЭЭГ. В исследованиях BCI собственно предварительная обработка сигнала ЭЭГ важна для получения высокой точности классификации. Предварительная обработка BCI основана на ковариационной матрице [4].

3. Последующие извлечение признаков. После предварительной обработки сигнал подается в один или несколько типов функций алгоритма извлечения. Этот компонент извлекает функции во времени, домен и частотную область, которые кодируют сообщения или команды. Широкие разновидности методов выделения признаков используются в системе BCI.

4. Классификация. Задача компонента классификации заключается в переводе признаков, обеспечиваемых функцией извлечения, для категории паттернов мозга, то есть независимая переменная преобразуется в зависимую переменную. Алгоритмы классификации могут использовать линейные методы, такие как линейный дискриминантный анализ (LDA) и метод опорных векторов (SVM), или нелинейные методы, такие как нейронные сети.

5. Интерфейс. Для большинства текущих BCI устройством вывода является экран компьютера, а вывод – выбор целей, букв или значков, представленных на нем. Некоторые BCI обеспечивают вывод, например, перемещение курсора к элементу до его выбора. Выходные данные, генерируемые устройством вывода, представляют собой обратную связь и должны уведомить пользователя о распознанной модели мозговой активности. Описывая работу обобщенно, система будет работать следующим образом. Для начала программа должна считывать данные (электрические импульсы мозга) и в дальнейшем обрабатывать их в цифровой формат. Следующий этап заключается уже в использовании получившихся данных для произведения того действия, которое требуется человеку. Используется метод распознавания образов для определения того, какие части мозга активизируются в момент, когда объект требует выполнить движение. Программа на основе множества попыток научиться понимать, в каких случаях какая функция должна работать, будет передавать данный сигнал основному блоку, где уже компьютер воспроизведет само действие.

Заключение. Разработка и исследование систем BCI в конечном итоге должны привести к прорыву в научном сообществе, так как эта технология будет очень эффективна в сферах IT, медицины, бизнеса и в общем даст человечеству больше понимания о возможностях человеческого мозга. Текущие и будущие производители BCI системы для экзоскелетов должны продолжать оценку способов увеличения времени автономной работы, уменьшения погрешности в валидации, улучшить мобильность, увеличить скорость ходьбы и максимально повысить безопасность при использовании экзоскелетов. Эти улучшения могут оказать существенное влияние на доступность и использование данных устройств для личного использования.

Список литературы

1. URL: ru.wikipedia.org/wiki/Нейрокомпьютерный_интерфейс (дата обращения: 10.02.2020).
2. Swati Aggarwal, Nupur Chugh. Signal processing techniques for motor imagery brain computer interface: A review // Array 1-2 (2019). Online version: <https://doi.org/10.1016/j.array.2019.100003>
3. Casey Kandilakis, Elizabeth Sasso-Lance. Exoskeletons for Personal Use After Spinal Cord Injury. Online version DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.05.028>
4. Kaushalya Kumarasinghe, Nikola Kasabov, Denise Taylor. Deep learning and deep knowledge representation in Spiking Neural Networks for Brain-Computer Interfaces.

Получено 07.02.2020

УДК 621.762

А.В. Ревуцкий, Б.В. Сырнев, О.В. Семилюцкая¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА ПРОЦЕССА ВАКУУМНОГО ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ
НА КАЧЕСТВО СПЕЧЕННОГО БЕРИЛЛИЯ**

В работе приведены результаты исследований влияния характеристик исходных бериллиевых порошков на механические свойства горячепрессованного бериллия. С использованием корреляционного анализа установлены значимые показатели качества, определяющие уровень механических свойств спеченного бериллия. Показано, что наибольшее влияние на повышение прочностных и пластических свойств бериллия оказывает показатель гранулометрического состава, и в наибольшей степени – содержание фракции порошка размером менее 20 мкм.

Бастапқы бериллий ұнтақтарының сипаттамаларының ыстықтай басылған бериллийдің механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Корреляциялық талдаудың көмегімен синтетикалық бериллийдің механикалық қасиеттерінің деңгейін анықтайтын маңызды сапа көрсеткіштері анықталды. Бериллийдің беріктігі мен пластикалық қасиеттерін жақсартуға үлес салмағы 20 мкм-нен аз ұнтақ фракциясының құрамдас бөліктердің мөлшерін бөлу көрсеткіштерімен, ең үлкен үлеспен көрсетіледі.

The paper presents the results of studies of the influence of the characteristics of the initial beryllium powders on the mechanical properties of hot-pressed beryllium. Using the correlation analysis, significant quality indicators have been established that determine the level of mechanical properties of sintered beryllium. It is shown that the greatest contribution to the increase in the strength and plastic properties of beryllium is made by the indicators of particle size distribution, and to the greatest extent - the content of the fraction of the powder with a size of less than 20 microns.

Ключевые слова: порошок бериллия, горячее прессование, корреляционный анализ.

Потенциал и воспроизводимость процесса вакуумного горячего прессования бериллия зависит не только от стабильности характеристик и погрешностей при аттестации исходных порошков, надежности показателей качества готовой продукции, но и от технологического регламента самого процесса формования.

Целью работы: исследование влияния режимов процесса горячего прессования порошков бериллия на механические свойства получаемых заготовок.

Методика

Для корреляционного анализа связи характеристик порошков и механических свойств горячепрессованного бериллия была собрана промышленная статистика показателей качества исходных порошков и заготовок, полученных за несколько лет, для проведения:

- корреляционного анализа и статистического мониторинга качества горячепрессованной продукции [1];
- лабораторных экспериментальных работ по количественной оценке влияния дисперсности порошка на прочностные свойства горячепрессованных заготовок из порошков бериллия.

Результаты исследований

Были рассчитаны коэффициенты корреляции между содержанием примесей, гранулометрическим составом и пределом прочности спеченного бериллия. Полученные результаты представлены в виде гистограмм. Для построения гистограмм были учтены только значимые коэффициенты корреляции (отброшены незначимые), значения которых по абсолютной величине больше критической величины 0,32 (рис. 1).

Для изучения влияния гранулометрического состава были рассчитаны коэффициенты корреляции и построены диаграммы. Анализ диаграммы показал, что отрицательное влияние оказывали факторы: 5 (содержание алюминия), 15 (содержание фракции 30–40 мкм), 18 (средний размер частиц), 27 (содержание фракции более 20 мкм).

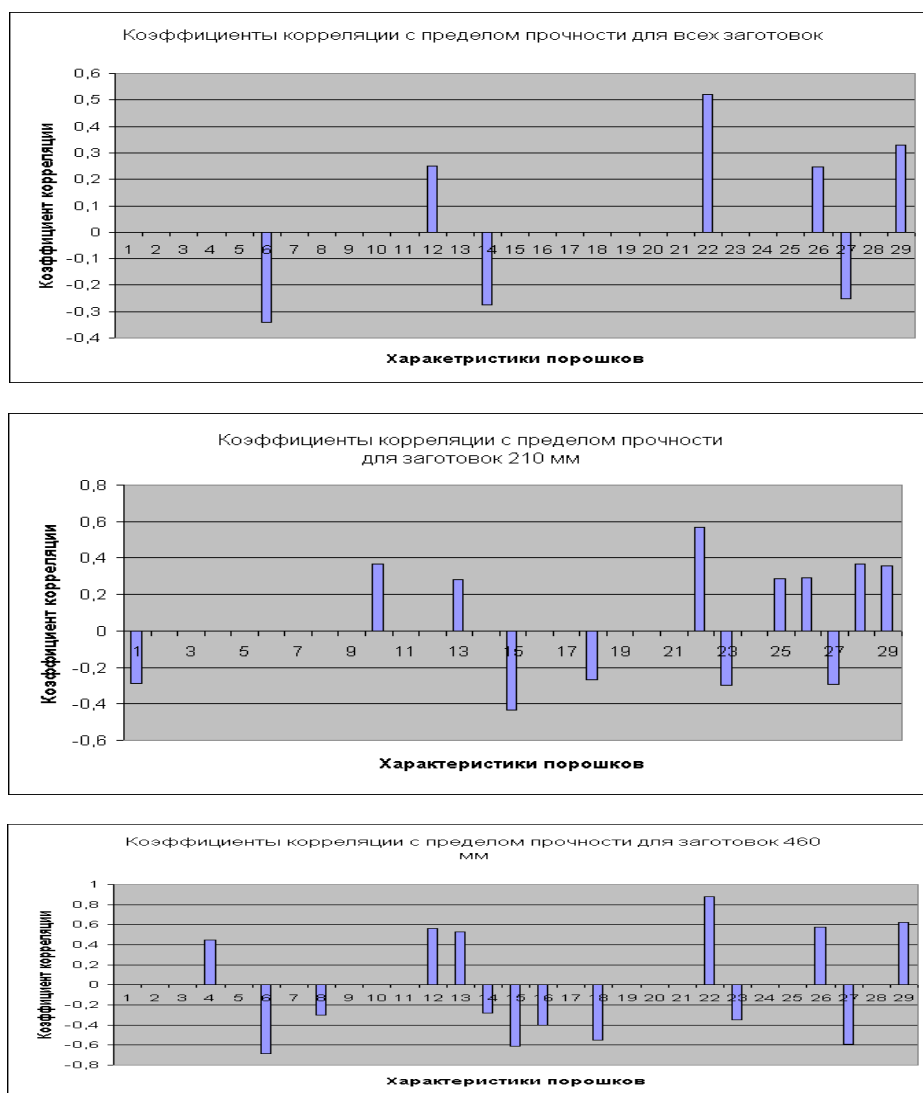
Положительное влияние оказывали факторы 12, 13 (содержание мелких фракций 5–20 мкм), 29 (отношение удельной поверхности к содержанию алюминия). Обращает на себя внимание тот

факт, что сила статистической связи существенно меняется для заготовок разного диаметра. Влияние характеристик порошков на качество изменчиво и зависит от типоразмера заготовки.

Таким образом, из корреляционного анализа следует, что наиболее стабильна связь прочностных свойств заготовок с показателями гранулометрического состава:

- «положительное»: доля фракции «<20 мкм» ($\kappa = 0,25...0,57$), «Уд.пов./Al» ($\kappa = 0,36...0,62$).
- «отрицательно»: фракции «>20 мкм» ($\kappa = -0,25...-0,59$), фракция «30-40 мкм» ($-0,43...-0,61$).

Таким образом, влияние дисперсности порошков на прочностные свойства бериллиевых заготовок может отслеживаться по содержанию фракции частиц размером «более» или «менее 20 мкм». Вывод о существенной роли дисперсности порошков подтверждается среднегодовыми данными (рис. 2, 3).



Характеристики порошков: 1 – Si, 2 – Mn, 3 – Fe, 4 – Mg, 5 – Ni, 6 – Al, 7 – O, 8 – Cr, 9 – Ti, 10 – уд.пов., 11 – фр.<5 мкм, 12-фр. 5-10 мкм, 13-фр.10-20 мкм, 14-фр. 20-30 мкм, 15-фр. 30-40 мкм, 16-40-60 мкм, 17-фр.>60 мкм, 18-ср.р.ч., 22-пред.текучести, 23-сод. Al+Si, 24-Al/Si, 25-O/Al+Si, 26-фр.<20 мкм, 27-фр.>20 мкм, 28-уд.пов./Al+Si, 29-уд.пов./Al.

Рисунок 1 – Корреляционная связь предела прочности с характеристиками исходного порошка бериллия

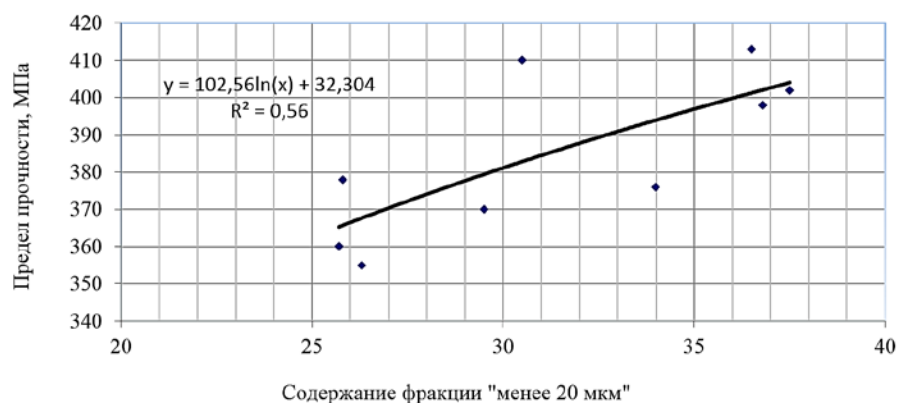


Рисунок 2 – Зависимость предела прочности в поперечном направлении ГП заготовок бериллия диаметром 460 мм от содержания фракций <20 мкм в порошке

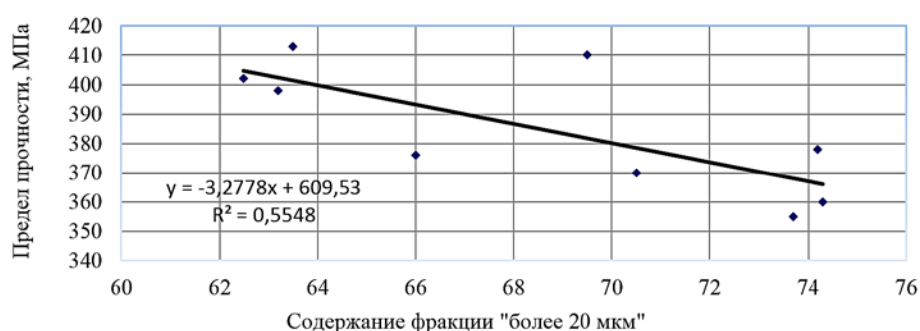


Рисунок 3 – Зависимость предела прочности в поперечном направлении ГП заготовок диаметром 460 мм от содержания фракции >20 мкм в порошке

Для подтверждения установленной закономерности влияния величины дисперсности исходного порошка на качество горячепрессованной продукции были проведены лабораторные эксперименты. Из одной партии порошка (проба 246) путем отсева и добавления крупной фракции (45 мкм) были получены дополнительно две партии порошка с повышенной (проба 247) и пониженной (проба 299) дисперсностью. По технологии «холодное изостатическое прессование – горячее прессование» (ХИП-ГП) в вакууме при температурах 1050 и 1100 °С отпрессовали заготовки. Были вырезаны и испытаны образцы на растяжение. По результатам построены зависимости предела прочности от содержания фракции менее 20 мкм (рис. 4-7).

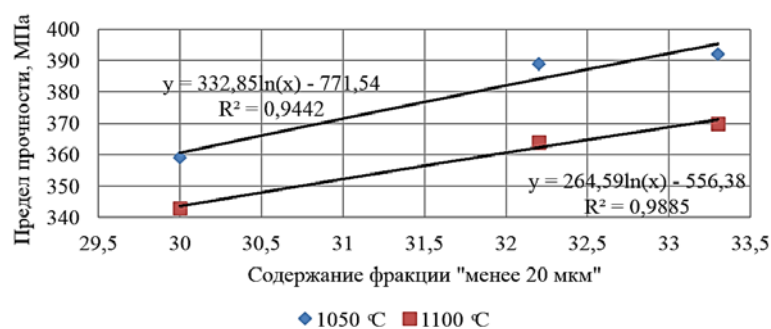


Рисунок 4 – Зависимость предела прочности в поперечном направлении ГП заготовок от показателя дисперсности «<20 мкм» после прессования при температурах 1050 и 1100 °С

Анализ результатов показывает, что зависимость прочностных свойств (предела прочности) от показателя дисперсности исходных порошков имеет высокий коэффициент достоверности аппроксимации 0,55 – 0,99. И что важно, пластические свойства (относительное удлинение) также улучшаются в поперечном направлении (коэффициент 0,54 – 0,99) и не ухудшаются в продольном направлении (коэффициент 0 – 0,96) [2].

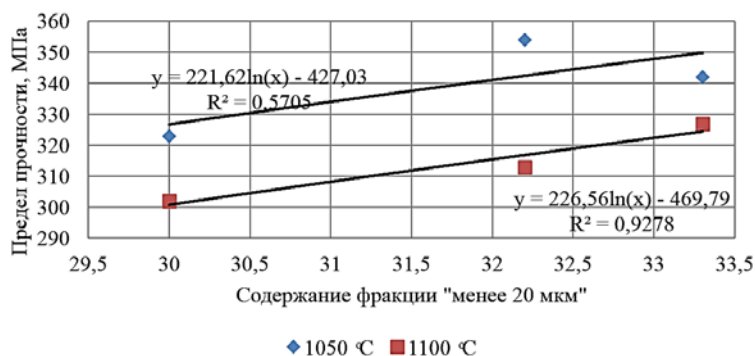


Рисунок 5 – Зависимость предела прочности в продольном направлении ГП заготовок от показателя дисперсности «<20 мкм» после прессования при температурах 1050 и 1100 °C

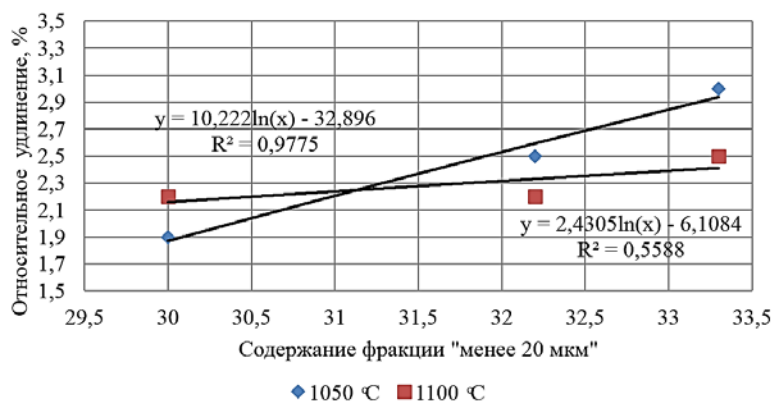


Рисунок 6 – Зависимость пластичности в поперечном направлении ГП заготовок от показателя дисперсности «<20 мкм» после прессования при различных температурах 1050 и 1100 °C

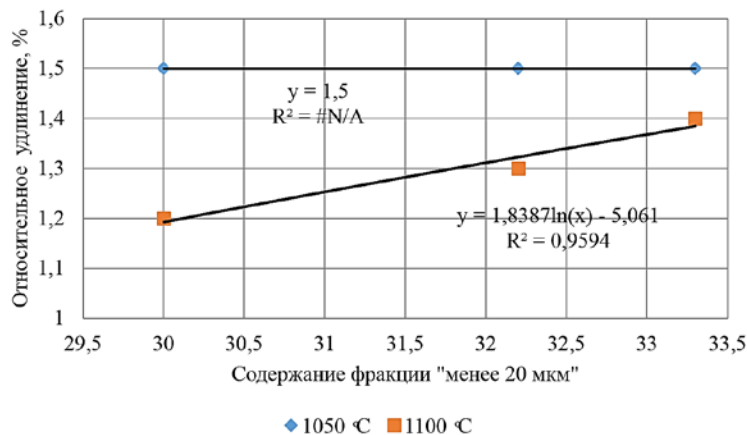


Рисунок 7 – Зависимость пластичности в продольном направлении ГП заготовок от показателя дисперсности «<20 мкм» после прессования при температурах

Выводы

Для получения предела прочности более 350 МПа (требование технических условий) необходимо иметь в исходных порошках содержание фракции «<20 мкм» более 31 %. Этот вывод хорошо согласуется со статистическими данными. На этот уровень дисперсности было выведено производство бериллиевых порошков ПТБ 56. Кроме того, показано, что определенный резерв заключен в правильном подборе температуры горячего прессования: для изученной партии порошка снижение температуры на 50 °С, т.е. с 1100 до 1050 °С, привело к росту прочностных свойств на 20 МПа.

Список литературы

1. Адлер Ю.П. Управление качеством: статистический подход. – М.: Знание, 1979. – 49 с.
2. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика в промышленности // Надежность и контроль качества. – №2. – 1991 г.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 55.53.13

А.Г. Савельев¹, М.В. Дудкин², А.И. Ким², А.С. Орынбасаров³, М. Mlynczak⁴

¹Московский государственный технический университет им. Баумана, г. Москва, Россия

²Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

³ТОО «Виртген Казахстан», г. Алматы, Казахстан

⁴Wroclaw University of Science and Technology, Poland

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОГРЕЙДЕРА В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Представленные в данной работе оригинальная 3D-модель для определения предельных состояний металлоконструкций автогрейдера и математическая модель для определения усилий, возникающих на рабочем органе и колесах при работе автогрейдера, позволяют сравнивать новые конструкции автогрейдеров с традиционными серийными и оценивать напряженно-деформированное состояние их металлоконструкций в зависимости от расчетных положений.

В работе представлена методика определения внешних силовых факторов на рабочем органе и движителе автогрейдера и, их влияние на напряженно-деформируемое состояние металлоконструкции автогрейдера, которая позволяет находить и оценивать наиболее реальные расчетные положения и нагрузки на узлы автогрейдера в дополнение к уже принятым.

Осы жұмыста ұсынылған автогрейдер металлқұрылымдарының шекті жай-күйін анықтауға арналған бірегей 3D-модель және автогрейдер жұмысы кезінде жұмыс органында және дөңгелектерде пайда болатын күштерді анықтауға арналған математикалық модель автогрейдерлердің жаңа құрылымдарын дәстүрлі сериялық құрылымдармен салыстыруға және есептік жағдайға байланысты олардың металлқұрылымдарының кернеулі-деформацияланған жай-күйін бағалауға мүмкіндік береді.

Жұмыста жұмыс органында және автогрейдер қозғағышында сыртқы күш факторларын анықтау әдістемесі және автогрейдер металлқұрылымдарының кернеулі-деформацияланатын жай-күйіне олардың әсері ұсынылған.

The original 3D model presented in this paper for determining the limiting states of the motor grader's metal structures and the mathematical model for determining the forces arising on the working body and wheels during the operation of the motor grader allow us to compare new designs of graders with traditional serial ones and evaluate the stress-strain state of their metal structures depending on the calculated provisions.

The paper presents a methodology for determining external force factors on the working body and mover of the motor grader and their influence on the stress-strain state of the metal structure of the motor grader, which allows you to find and evaluate the most realistic design positions and loads on the nodes of the motor grader in addition to those already accepted.

Ключевые слова. Автогрейдер, 3D-модель автогрейдера, математическая модель автогрейдера, напряженно-деформируемое состояние автогрейдера, расчетные положения автогрейдера, дополнительные расчетные положения автогрейдера.

1. Введение. Активное развитие транспортной инфраструктуры, зимнее и летнее ее содержание, рост строительства жилой и коммерческой недвижимости, повышают востребованность дорожно-строительной техники. Необходимость совершенствования конструкций вновь создаваемой техники объясняется жесткой конкуренцией извне и желанием соответствовать уровню мирового технического прогресса. Поэтому выявление новых рациональных форм, способов крепления и расположения узлов и конструкций строительно-дорожных машин при помощи моделирования их напряженно-деформируемого состояния – важная и актуальная задача.

Результаты исследования и решения этого вопроса могут быть разные, например: модернизация существующей техники, выполненной по традиционным схемам крепления и сборки, создание и внедрение принципиально новых машин и оборудования с лучшими характеристиками.

Цель работы – оптимизация конструкции рабочего оборудования автогрейдера путем снижения нагруженности его металлоконструкции.

Известны исследования оптимизации конструкции бульдозеров [1-2], в которых описывается, как за счет оптимального расположения шарниров рабочего оборудования бульдозеров был достигнут значительный эффект как с технической точки зрения, так и с экономической. Методика этих исследований была взята за основу разработанного и представленного в данной работе алгоритма нахождения критических нагрузок в узлах металлоконструкции автогрейдеров.

Эффект снижения напряжений достигается за счет снижения изгибающих моментов в металлоконструкции автогрейдера, которое достигается за счет определенного пространственного расположения элементов рабочего оборудования относительно других узлов.

Задачей исследований является определение и снижение эксплуатационных нагрузок на металлоконструкцию рабочего оборудования автогрейдера путем рациональной перекомпоновки его агрегатов.

Рама автогрейдера является основным несущим элементом машины, на котором монтируют все силовые агрегаты, рабочее и ходовое оборудование. Рамы изготавливают из профильного проката или из отдельных листов, свариваемых между собой. На рис. 1 показана расчетная схема автогрейдера. В передней части рамы укреплен продольный цилиндрический шарнир, с помощью которого рама опирается на переднюю ось. Здесь же установлен шаровой шарнир для тяговой рамы 4. В средней части рамы размещены кронштейны для крепления цилиндров подъема тяговой рамы 7 или тяг механизма подъема тяговой рамы. Позади этих кронштейнов установлены кронштейны гидроцилиндра 9 механизма выноса тяговой рамы в сторону.

Расположим в одной плоскости, проходящей через ось симметрии поворотного круга, режущую кромку отвала и ось гидроцилиндра выноса тяговой рамы (рис. 1).

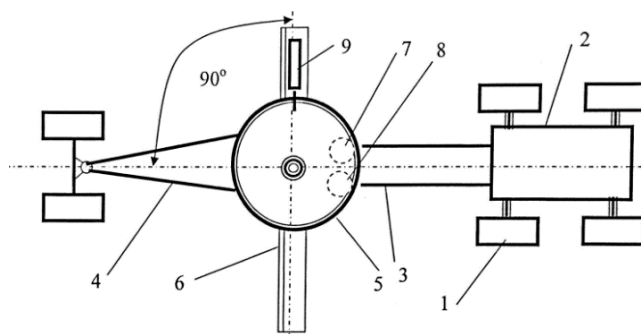


Рисунок 1 – Расчетная схема автогрейдера: 1 – движитель; 2 – подмоторная рама; 3 – хребтовая балка; 4 – тяговая рама; 5 – поворотный круг; 6 – отвал; 7 – гидроцилиндры подъема/опускания тяговой рамы; 8 – тяговая рама; 9 – гидроцилиндр выноса тяговой рамы

Многообразие операций, выполняемых автогрейдером, обуславливает и многообразие нагрузок, действующих на основную раму. Поэтому при определении этих нагрузок устанавливают ряд расчетных положений.

Согласно РД 24.220.03-90, расчет металлоконструкции автогрейдера на прочность производится по трем расчетным положениям, т. е. реакции на колесах находятся из уравнений равновесия пространственной системы сил (рис. 2). В данном случае нужно было бы записать следующие уравнения:

$$O_y: \varphi_p * G_z - G_p * f_k - P_1 = 0;$$

$$O_z: R_2 + R_1 - G_z - G_p = 0;$$

$$M_x: R_1 * (l_0 - m) - R_2 * m + G_z * m - G_p * (l_0 - m) = 0;$$

при решении которых в программе Mathcad получаем результаты:

$$R_2 = 102,5 \text{ кН};$$

$$R_1 = 43,5 \text{ кН};$$

$$P_1 = 65,5 \text{ кН}.$$

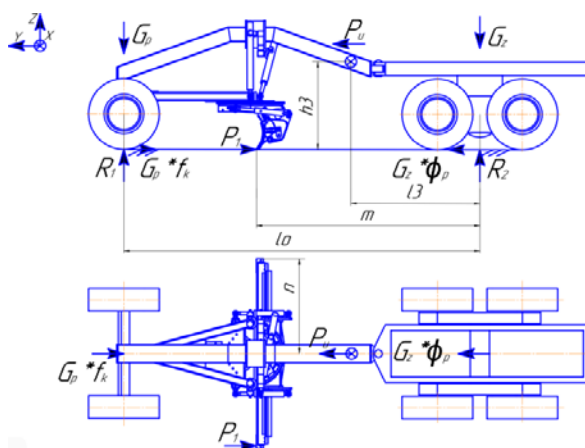


Рисунок 2 – Расчетная схема приложения нагрузок на автогрейдер

После этого пересчитаем R_1, R_2 на реакции всех колес $P_{x1}, P_{y1}, P_{z1}, \dots, P_{x6}, P_{y6}, P_{z6}$.

В уравнениях не учитывается сила инерции, потому что влияние инерционной и статической нагрузки разнесено по времени. Это демонстрирует осциллограмма на рис. 3, полученная при проведении эксперимента с ударом отвала бульдозера в жесткое препятствие [3-6].

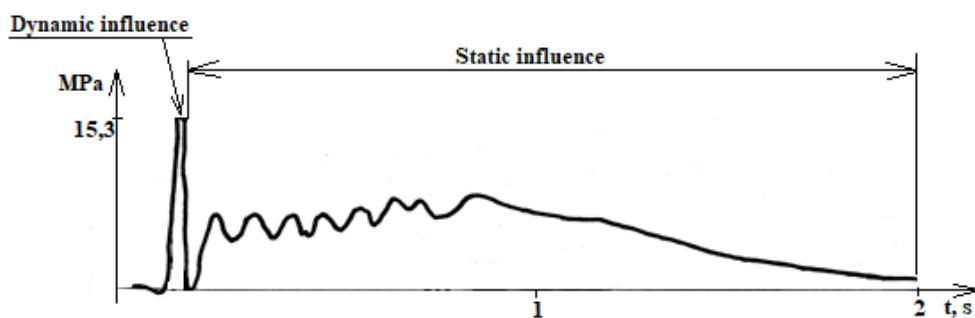


Рисунок 3 – Осциллограмма удара центром отвала бульдозера в непреодолимое препятствие

Представленная осциллограмма доказывает, что при ударе пиковых значений достигают сначала динамические нагрузки, а потом начинается процесс возрастания статических нагрузок. Таким образом, учитывать одновременно действие статических и динамических нагрузок нельзя. Поэтому учитываем их влияние отдельно, а потом выбираем, какое из них является наиболее опасным.

Силу инерции рассчитываем по формуле:

$$P_u = (k_d - 1) * \varepsilon * G_z = 43,5 \text{ кН},$$

где ε – коэффициент использования сцепного веса.

Объекты моделирования: профиль опорной поверхности; рабочая среда – грунт или снежно-ледяное образование, конструкция машины, двигатель, трансмиссия, колеса, «водитель», режимы работы машины – транспортный, технологический и ударный. Примем в первом случае грунт.

Моделирование профиля грунта

Поведение машины при ударе зависит не только от ее жесткости, места приложения ударной силы, величины этой силы, но и в большинстве случаев определяется сцеплением машины с опорной поверхностью. Как уже было описано выше, расчет конструкции в статике не позволяет получить адекватных значений реакций опорной поверхности и значения коэффициента сцепления, потому что в каждый момент времени они различны по направлению и величине и зависят от множества факторов, одним из которых является профиль дороги.

В программе MATLAB имеется блок генератора нормально распределенного случайного сигнала, каждый раз при запуске программы генерируется процесс, называемый «белый шум». Из блоков собирается система дифференциальных уравнений первого порядка (2), которая может быть преобразована в дифференциальное уравнение второго порядка (1) [7-9].

$$\ddot{q}_1 + 2 * \alpha_v * \dot{q}_1 + b^2 * q_1 = K * \dot{x}_{[0;1]} + b^2 * x_{[0;1]} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \frac{df}{dt} = K * b * x_{[0;1]} - b^2 * q_1 \\ \frac{dq_1}{dt} = K * x_{[0;1]} - 2 * \alpha_v * q_1 + f \end{cases} \quad (2)$$

$$b^2 = \alpha_v^2 + \beta_v^2; \quad (3)$$

$$K = \sqrt{\frac{2 * D_q * \alpha_v}{D_{x_{[0;1]}} * \Delta t}}; \quad (4)$$

$$\alpha_v = \alpha_\tau * v; \quad \beta_v = \beta_\tau * v; \quad (5)$$

где Δt – временной промежуток, за который машина проехала путь; q_1 – ордината профиля дороги; $x_{[0;1]}$ – «белый шум» с математическим ожиданием равным нулю и дисперсией равной единице; v – скорость движения машины.

Решение дифференциальных уравнений (2) позволяет получить значение ординат искомого профиля опорной поверхности. Таким образом, система (2) имеет смысл формирующего фильтра, который из входящего сигнала – белого шума, поступающего на него, вырезает профиль в соответствии с заданными коэффициентами исходных данных. Исходные данные, определяющие профиль дорожного полотна: D_q – дисперсия неровностей дорожной поверхности, l – длина пути; α_τ, β_τ – коэффициенты, характеризующие степень нерегулярности профиля дороги.

Моделирование двигателя и трансмиссии

Для того чтобы корректно формировать текущую скорость машины, понадобятся внешняя характеристика двигателя и передаточные отношения трансмиссии. Поясним, для чего нужна внешняя характеристика двигателя: когда найдено рассогласование между текущей скоростью и заданной и определен регулирующий сигнал ПИ-регулятором, нужно умножить значение этого коэффициента на текущее значение момента на двигателе, тогда получается управляющий сигнал, который поступает на двигатель. Получается, что ПИ-регулятор определяет степень нажатия педали газа.

Программой предусмотрен блок, который позволяет записывать в него зависимость ординат от абсцисс в соответствии с графиком. Таким образом, в модели учтена внешняя характеристика двигателя.

Моделирование конструкции

Визуализация конструкции машины представлена на рис. 4 и рис. 5. Сама машина представляет собой совокупность абсолютно жестких, недеформируемых тел, соединенных шарнирами. В каждом шарнире помещены координатные оси, центры масс тел также описываются своими координатами. Задание взаимного положения элементов конструкции происходит описанием расположения всех этих координатных осей относительно базовой системы координат. Помимо координат, для каждого тела задается тензор инерции и масса.

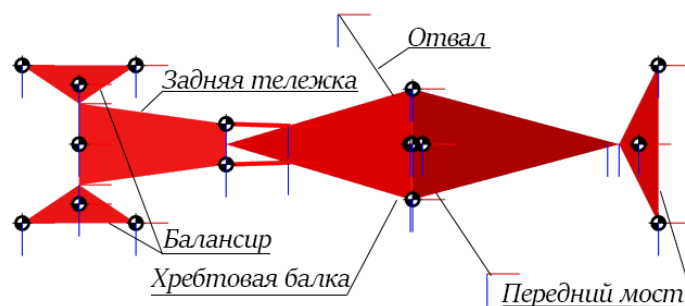


Рисунок 4 – Математическая модель автогрейдера (вид сверху)

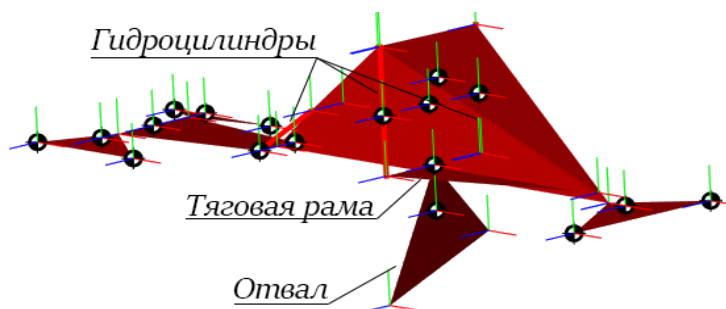


Рисунок 5 – Математическая модель автогрейдера в изометрии

Моделирование режимов работы

Для моделирования технологического режима работы необходимо было задать математически усилия, возникающие на отвале при зарезании.

$$W_{\text{общ}} = W_p + W_{\text{пр}} + W_b + W_t + W_{\text{тр}},$$

где W_p – сопротивление резанию; $W_{\text{пр}}$ – сопротивление перемещению призмы грунта перед отвалом; W_b – сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу; W_t – сопротивление перемещению автогрейдера; $W_{\text{тр}}$ – сопротивление трению ножа автогрейдера о грунт.

Для моделирования ситуации удара отвалом автогрейдера в непреодолимое препятствие использована формула второго закона Ньютона, записанная в виде импульса силы:

$$\vec{F} * \Delta t = M * \vec{V}.$$

Изменение силы удара во времени записывалось в виде функции (рис. 6).

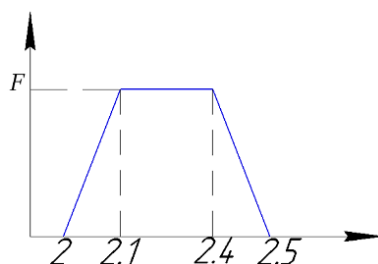


Рисунок 6 – Циклограмма изменения во времени ударной силы

Выводы:

1. Для повышения прочности и долговечности металлоконструкции автогрейдера, необходимо в расчетах рассматривать дополнительные, реальные положения, рассчитанные по указанной в данной работе методике.

2. Процесс движения машины моделировался для того, чтобы учитывать те процессы, которые не учитываются при расчете статическом, а именно изменение коэффициента сцепления колес с грунтом при движении, перераспределение нагрузок при внецентренном нагружении и др. И далее полученные с математической модели результаты, а именно: реакции на колесах машины, прикладывать на конечно-элементную модель и рассчитывать более реальное напряженно-деформированное состояние автогрейдера.

3. Чтобы более полно учитывать влияние динамики на машину, следует воспользоваться математической моделью, описанной в работе.

4. Для получения более долговечной и эффективной структурной схемы рабочего оборудования автогрейдера следует использовать только статически определимые схемы. Для ускорения и упрощения создания таких схем можно воспользоваться методикой выявления новых схем с помощью матриц и теории графов, также представленной в данной работе.

Список литературы

1. РД 24.220.03-90. Машины строительные и дорожные: Нормы расчета. – М.: НПО «ВНИИСтройдормаш», 1990. – 112 с.
2. Савельев А.Г. Разработка методов определения параметров толкающих брусьев и элементов стержневой системы бульдозеров с неповоротным отвалом: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. – М., 1985. – 246 с.
3. Решетов Л.Н. Самоустанавливающиеся механизмы. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1985. – 272 с.
4. Жилейкин М.М., Котиев Г.О. Моделирование систем транспортных средств. – М., 2017. – 275 с.
5. Котлобай А.Я. Формирование направлений модернизации землеройных машин / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело // Наука и техника. – 2013. – № 5. – С. 54-59.
6. Shevchenko V., Chaplygina O., Beztsennaya Zh., Methods to determine measures providing a motor-grader road-holding ability // International Scientific Journal «Machines. Technologies. Materials», 2015. – P. 78-83 (ISSN: 1313-0226) (inEng).
7. Шевченко В. А., Чаплыгина А. М., Аналитическая модель движения автогрейдера во время выполнения рабочих операций // Вестник ХНАДУ. – 2016. – Вып. 73. – С. 167-175.
8. Недорезов И. А., Симонов Н. Н., Имитационное моделирование рабочих процессов землеройно-транспортных машин с целью ранжирования их параметров // Вестник ХНАДУ. – 2012. – Вып. 57. – С. 63-67.
9. Шевченко В. О., Рагулин В. Н., Анализ подвески рабочего оборудования автогрейдера методом компьютерного моделирования // Вестник ХНАДУ. – 2016. – Вып. 73. – С. 234-238.

Получено 07.02.2020

MFTAA 29.15.19

М.Б. Советбекова, Г.Д. Кабдрахимова, А. Оралбай

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ.

НЕЙТРОНЫ БАЙЫТЫЛҒАН ЖАҢА ЯДРОЛАРДЫҢ ТОЛЫҚ РЕАКЦИЯ ҚИМАСЫН ЗЕРТТЕУ

Мақалада толық қима реакциясын анықтаудың тиімді тәсілдері айтылады. Толық қима реакциясын эксперименталды түрде анықтау керек екендігі көрсетіледі. Берілген әдістерді қолдану кезіндегі қандай эксперименталды мәселелерді шешу керектігі баяндалған. Ары қарай радиоактивтік ядроларға жаңа қарапайым тікелей реакцияны пайдалана отырып, σ_R қимасының аралық энергиясының жаңа өлшемін табатын жаңа қарапайым техниканы ұсынған екі жұмысты салыстырып, тиімдісін таңдау.

В статье говорится о эффективных способах определения полного сечения реакции. Указывается, следует ли экспериментально определить реакцию полного сечения. Изложено, какие экспериментальные вопросы следует решать при применении данных методов. Далее, используя новую простую прямую реакцию на радиоактивные ядра, сравниваются две работы, предложившие новую простую технику, где находят новое измерение промежуточной энергии сечений σ_R .

The article deals with effective methods for determining the total cross-section of the reaction. It is indicated whether the reaction of the complete section should be determined experimentally. It is stated what experimental questions should be solved at application of these methods. Further, using a new simple direct reaction to radioactive nuclei, two works are compared, which proposed a new simple technique, where a new dimension of the intermediate energy of the section is found

Түйін сөздер: толық қима реакциясы, нысана, тіркегіш, шоқ, 4π -сцинтилляциялық γ -спектрометр, нейтрондық эмиссия

Кіріспе. Ядролық реакциядағы күшті жұтылу радиусы (әрекеттесу аракашықтығы) ядролық реакцияның толық қимасын табу арқылы анықталады. Оның өзара әрекеттесетін ядролардағы протондар мен нейтрондарының санына тәуелділігі қазіргі заманда үлкен қызығушылық тудырады. Танихата және оның тобының [1] соңғы қорытындыларында, ядро ішіндегі нуклондық кеңістіктік бөлу туралы талқылауды жаңартты және әлсіз байланысқан нейтронды байытылған жеңіл ядроларда «нейтрондық гало» бар екендігі жайлы болжам пайда болды. Сондықтан өзара әрекеттесу радиусын (r_i) табу үшін өзара әрекеттесу σ_R қималарының тәжірибелік өлшеулерін дұрыс бағалау және түсінік беру маңызды болып табылады. Мұндай тәжірибелер қазіргі таңда көп. Солардың ішінде мына тәжірибелерді қарастыруға болады.

Бірінші тәжірибе, жоғары энергияда (~ 800 А МэВ), ($2 < Z < 5$) изотоптар үшін σ_R өткізу әдісімен өлшейді. Ал (~ 60 А МэВ) аралық энергияларда σ_R өлшеулер ($3 < Z < 15$) атом нөмірлерінің кең ауқымы үшін қауымдасқан γ әдісті пайдалана отырып жүргізілді [2, 3]. Тұрақты ядролар үшін біріккен γ әдісін пайдаланатын нәтижелер өткізу әдісімен алынған немесе серпімді шашыраудан алынған реакция қимасымен сәйкес келеді, олар нейтрондық эмиссия есебінен ыдырайтын аса экзотикалық, нейтрондарға бай ядролар үшін негізгі күйінде немесе қозу энергиясы төмен кезде соңғы ядроны қалдыра отырып, сәйкес келмеуі мүмкін. γ әдісін пайдаланып, аралық энергияда жұтылу радиусының күшеюіне, жоғары энергияда жақсы дәлелденген. Сондықтан осы екі әдіспен алынған нақты нәтижелер мен қорытындыларды тексеру үшін жаңа әдістеме әзірлеу маңызды.

Толық реакция қимасын зерттеу әдістері. Толық қима реакциясы 100 МэВ энергиядан төмен зарядталған бөлшектер әсерінен жүретін аз зерттелген ядролық тұрақтылар санына кіреді. Соқтығысу теориясында негізінен толық қима реакциясы σ_R , серпімді шашырау қима реакциясы σ_{el} және интегралды қосындысын сипаттайтын толық қима әсерлесуі қарастырылады:

$$\sigma_l = \sigma_{el} + \sigma_R. \quad (1)$$

Әсерлесудің толық қимасын есептеу үшін қолданылатын ең қарапайым әдіс оптикалық теорияға негізделген [4]:

$$\sigma_l = \frac{4\pi}{k} \text{Im}f(\theta = 0^0) \quad (2)$$

мұндағы $f(\theta = 0^\circ) - \theta = 0^\circ$ бұрышқа серпімді шашырау амплитудасы, k – қозғалысқа байланысты толқындық сан. Бұл толық қима реакциясын нейтрондар әсерімен анықтау үшін ғана жарамды. Толық қима реакциясын жұтылу қимасы σ_a ғана белгілі болса да есептеп шығаруға болады

$$Q_R = \sigma_a + \sigma_{EC}, \quad (3)$$

мұндағы σ_{EC} құрама ядроның қалыптасуымен жүретін серпімді шашыраудың интегралды қимасы. Сонымен, теориялық көзқарас бойынша толық қима реакциясын анықтау үшін серпімді шашырау амплитудасына параметрлеу жүргізу жеткілікті. Қазіргі уақытта қолданылатын параметрлеу әдісі (фазалық сараптама, оптикалық модель, параметрленген фазалық сараптама) жасай алады, алайда бір жалпы жетіспеушілік бар: олардың барлығы осы жақта да, басқа жақтан да бір мәнді емес. Сонықтан серпімді шашыраудың берілгендері негізінде толық қима реакциясын өте үлкен мәндер ауытқумен байқалады (30-40 %-ға дейін). Мұндай дәлдік қанағаттандырмайды, сондықтан толық қима реакциясын тәжірибелік түрде анықтау керек.

Тәжірибелік зерттеудің бастамасын тұңғыш тәжірибелік қорытынды алған Гудинг [5] пен Бугре [6] қалаған. Сол уақытқа дейін тәжірибелік жұмыстар саны жеткілікті болды, соның ішінде көбіне толық протондық қиманы, сондай-ақ толық дейтрондық қиманы және толық қима реакциясын α -бөлшектің әсерімен есептеуге арналған. Жұмыстардың бірінде толық қима реакциясын ${}^3_2\text{He}$ ионының әсерімен есептеу жүргізілген. Белгілі толық қима реакциясын өлшеудің үш әдістерін бөлуге болады: суммалық; қайтымды ядро; өткізу.

Суммалық әдіс. Тікелей мына анықтамадан алынады

$$\sigma_R = \sum_b \sigma(a, b), \quad (4)$$

мұндағы суммалау $A(a, b)B$ реакциясының барлық қашық каналдарымен жүреді. $\sigma(a, b)$ интегралды қимасын дифференциалданған қиманы интегралдау арқылы немесе жаңа радиоактивтілік әдісімен алуға болады. Бұл әдісті ашық каналдар саны аз болғанда қолданады. Ашық каналдар энергиясының өсуі кезінде реакция көбейеді, сол себепті есептеу күрделенеді. Толық қима реакциясын анықтау қателігі 10 %.

Қайтымды ядро әдісі. Бұл әдісте, әр соқтығысу (шашырау немесе ядролық) кезінде қайтымды ядро пайда болады деген белгілі фактыны қолданады. Қайтымды ядролар санын есептеп, серпімді шашырауға сәйкес келетін бөлігін алып тастап, сумманы анықтайтын серпімсіз шашыраудың тікелей санын аламыз. Бұл әдіс зерттеліп отырған ядролар тіркегіштің жұмыс бөлігі болған жағдайда ыңғайлы. Толық қима реакциясын анықтау қателігі 10 %.

Өткізу әдісі. Бұл әдіс бөлшектерінің шоғырының нысана ядроларымен әрекеттескенде салыстырмалы азаюын анықтау әдісі. Егер шоғырдың қарқындылығы I_0 , ал әлсірегендігі I болса онда

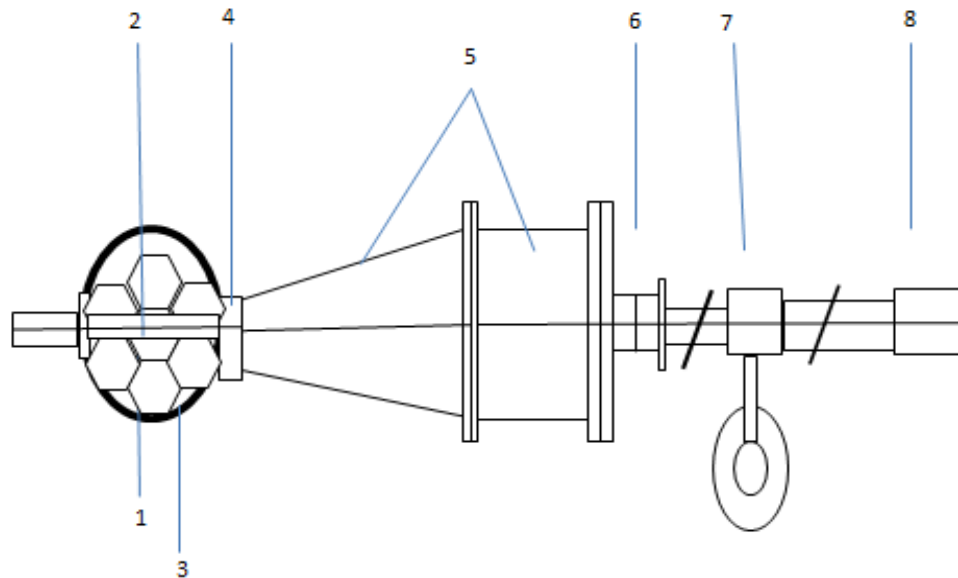
$$I = I_0 \exp(-n\sigma_R x), \quad (5)$$

мұндағы $n-1 \text{ см}^3$ нысана затындағы ядролар саны, x -нысана қалыңдығы, σ_R – толық қима реакциясы. $n\sigma_R x$ зарядталған бөлшек үшін 10^{-3} -нен аспайды, сондықтан

$$n\sigma_R x = (I_0 - I)/I_0, \quad (6)$$

Одан бұрынғы жұмыстарда [7] I және I_0 қарқындылықтары бөлек–бөлек өлшенді, сондықтан толық қиманы өлшеу кезінде үлкен қателіктер болды.

Толық реакция қимасын 4π -сцинтилляциялық γ -спектрометр әдісін қолдану арқылы алынған М.Ж. Сан-Ларен тәжірибесі: өзінің тәжірибесінде фокальды жазықтықта барлық бөлшектер телескоптың көмегімен тіркеледі, ол үш кремнийтіркегіштерінен тұрады, олар $50 \text{ }\mu\text{m}$ кедергісі бар ΔE , $300 \text{ }\mu\text{m}$ позициялы сезімталды ΔE және $6000 \text{ }\mu\text{m}$ ΔE болды. Телескоп -10°C -қа дейін салқындатылған. Диаметрі $13,1 \text{ см}$ және ұзындығы $23,5 \text{ см}$ γ -тіркегіштердің 14 NaI (Tl) 4π массивімен қоршалған. Өндірістік нысанадан кейін және тікелей телескоп алдында орналасқан екі пластиналы тіркегіштер арасынан ұшып өту сәтінде түскен бөлшектерді сәйкестендіруі және ΔE бірінші тіркегіштердегі энергияның жоғалуы бірдей берілді.



1-сурет – Тәжірибелік қондырғының схемалық көрінісі: 1 – NaI есептегіші; 2 – нысана; 3 – қорғасын экран; 4 – сәулені бақылау; 5 – реакциялық камераның конустық ұлғаюы; 6 – сәулені бақылауға арналған Si тіркегіштердің осы; 7 – X-тіркеуді бақылау; 8 – Фарадей шыны аяғы [8]

Барлық тіркелетін бөлшектер тіркегіш мен нысаналардың қос функциясына ие телескопта тежеледі. Тіркегіш нысанасындағы реакцияларға сәйкес келетін оқиғалар оңай анықталады, олардың энергиясы реакцияның жоқ оқиғаларынан ерекшеленеді. Тәжірибелік деректерден алатын параметр келесідей анықталатын күшті r_0 сіңіру радиусы:

$$\sigma_R(E) = \pi r_0^2 f(E). \quad (7)$$

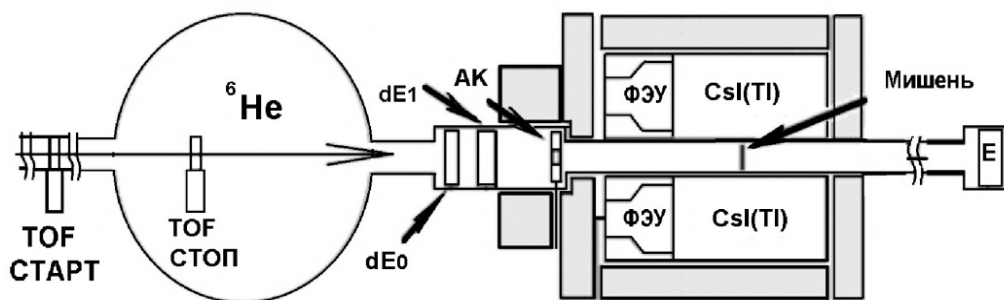
Барлық тұрақты ядролық жүйелер үшін $r_0 = 1,1$ фм² және экзотикалық ядросы бар жүйелер үшін нысанаға байланысты емес [8]. Жұмыста $f(E)$ функциясы үшін Кох параметрін [9] пайдаланған.

Жұмыста есептеулерде қолданылған параметрлер Фернандеспен (30-200 МэВ) энергиялардың үлкен диапазонында өлшенген тәжірибелік деректерді мұқият таңдау жолымен алынды және 1-ден 40-қа дейінгі және 9-дан 209-ға дейінгі A_T диапазонындағы A_p -мен көп кездесетін жүйелердің қатысуымен, σ_R мәнін қоса алғанда серпімді шашыраудың талдауынан алынған [6]. Реакция қимасы былай жазылады

$$Q_R = \pi r_0^2 (A_T^{1/3} + A_p^{1/3} + b \frac{A_p^{1/3} \times A_T^{1/3}}{A_p^{1/3} + A_T^{1/3}} - C(E))^2 \times \left(1 - \frac{V_{cb}}{E_{cm}}\right), \quad (8)$$

мұндағы A_p және A_T – шоғыр мен нысананың массалық саны, $C(E)$ – энергияға байланысты ашықтық, ал V_{cb} – кулондық бөгет.

Толық реакция қимасын 4π -сцинтилляциялық γ -спектрометр әдісін қолдану арқылы алынған Ю.Г. Соболев тәжірибесі: Біз қарастыратын келесі әдіс сцинтилляциялық γ -спектрометрдің толық геометриясымен [9] көп қабатты кремнийлі телескопты пайдалануға негізделген. Нысана (dE-тіркегіш) γ -спектрометрдің орталық аймағында орналасқан, ал телескоптың барлық басқа тіркегіштері, атап айтқанда dE₀ және dE₁ сәйкестендіргіш, реакция өнімдерінің сәйкестендіру -тіркегіші dE₃ және E шоғырдың толық тоқтау тіркегіші γ -спектрометрдің сезімтал аймағынан тыс п- γ -қорғауда орналасқан. 4π -сцинтилляциялық тәжірибенің әдістемесі γ -спектрометр толықтай [10] жұмыстарда көрсетілген.



2-сурет – 4π-сцинтилляционный γ-спектрометр әдісімен реакциялардың толық қималарын өлшеу үшін қолданылған тәжірибе схемасы [9]

Екі соқтығысатын ядролардың өзара әрекеттесуі туралы қарапайым геометриялық ұғымдарға сүйене отырып, зерттелетін ядролардың радиалды сипаттамаларына бағалау жүргізілді. Өзара әрекеттесу қимасы $\sigma_i = \sigma_R$ реакциясының қимасына тең деп болжай отырып, оны келесі түрде жазылған:

$$\sigma_i(p, t) = \pi [R_i(p) + R_i(t)]^2, \quad (8)$$

Қорытынды. Реакцияның толық қимасын анықтауда екі әдістеме салыстырмалы түрде қарастырылды. Сан-Ларен өзінің әдістемесінде, γ-тіркегіштердің 14 NaI (TI) 4π массивімен үш кремний тіркегіштерін қоршаған [6]. Екі пластиналы тіркегіштер тікелей телескоп алдында және енді біреуі нысанадан кейін орналасқан. Жұмыста, жоғары энергияда (~ 800 А МэВ), ($2 < Z < 5$) изотоптар үшін σ_R өткізу әдісімен есептеген. Ал екінші жұмыста [7] (~ 60 А МэВ) аралық энергияларда σ_R өлшеулер ($3 < Z < 15$) атом нөмірлерінің кең ауқымы үшін қауымдасқан γ - әдісті пайдалана отырып жүргізілді. Мұнда нысана (dE-тіркегіш) γ-спектрометрдің орталық аймағында, Е шоғырдың толық тоқтау тіркегіші γ-спектрометрдің сезімтал аймағынан тыс n-γ-қорғауда орналасқан. Осы екі әдістеме реакцияның толық қимасын анықтауда 4π гамма спектрометрінің көмегімен анықтауға мүмкіндік береді және тиімді, олардың айырмашылығы тәжірибе жүргізудегі энергетикалық диапазонда.

Әдебиеттер тізімі

1. Tanihata, I., Hamagaki, H., Hashimoto, O., Shida, Y., Yoshikawa, N., Sugimoto, K., Yamakawa, O., Kobazashi, T., Takahashi. – N.: Phys. Rev. Lett. 55, 2676 (1985).
2. W. Mittig et al., Phys. Rev. Lett. 59 (1987) 1889.
3. M.G. Saint-Laurent et al., Z. Phys. A 332 (1989) 45.
4. Гольдберг М., Ватсон К. Теория столкновений / Пер. с англ. – М., «Мир», 1967.
5. Gooding T. J. Nucl. Phys., 1959. – V. 12. – P. 241.
6. Burge E. J. Nucl. Phys., 1959. – V. 13. – P. 511.
7. M.G. Saint-Laurent et al., Z. Phys. A. 332 (1989) 457.
8. S. Kox et al., Phys. Rev. – C 35. (1987) 1678.
9. Sobolev Yu.G. et al. // Instr. and Exp. Technique. – 2012. – V. 5. – P. 7.2
10. A.C.C. Villari et al., Proc. XXVII Intern. Winter Meeting on Nuclear physics (Bormio, Italy, January 1989). – P. 74. Kirkby P., Link W., Canad J. Phys. – 1966. – V. 44. – P. 1847.

Қабылданды 07.02.2020

ГРНТИ 29.17.29

Г.М. Токтарбаева¹, С.К. Алпысбаев¹, Б.К. Рахадиллов², З.А. Сатбаева², М.С. Жапарова²¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск²Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ
НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ 40ХН**

В работе представлены результаты электролитно-плазменного упрочнения (ЭПУ) стали 40ХН, результаты испытаний на износостойкость образцов до и после электролитно-плазменного поверхностного упрочнения. Определен оптимальный состав электролита для ЭПУ 40ХН стали, содержащей 10 % карбоната натрия и 15 % карбамида, который не приводит к эрозии поверхностного слоя, окислению и обезуглероживанию. В результате ЭПУ был получен модифицированный слой с повышенной твердостью и износостойкостью. Исследованы изменения микротвердости поверхностного слоя стали 40ХН после ЭПУ, а также зависимость микротвердости от длительности воздействия электролитной плазмы. Были исследованы структурно-фазовые состояния упрочненных поверхностных слоев стали 40ХН.

Жұмыста 40хн болаттың электролиттік-плазмалық беріктігінің (ЭПБ) нәтижелері, үлгілердің электролиттік-плазмалық беттік беріктігіне дейінгі және одан кейінгі тозуға төзімділігіне сынау нәтижелері ұсынылған. Құрамында 10 % натрий карбонаты және 15 % карбамид бар ЭБП 40ХН болат үшін электролиттің оңтайлы құрамы анықталды, ол беттік қабаттың эрозиясына, тотығуға және көмірсіздендіруге әкеп соқпайды. ЭПБ нәтижесінде қатты және тозуға төзімді модификацияланған қабат алынды. ЭПБ кейін 40хн болаттың үстіңгі қабатының микроқаттылығының өзгеруі, сондай-ақ плазмамен электролиттің әсер ету ұзақтығына микроқаттылықтың тәуелділігі зерттелді. 40хн болаттың беріктелген беттік қабаттарының құрылымдық-фазалық жай-күйі зерттелді.

The paper presents the results of electrolytic-plasma hardening (EPU) of 40khn steel, presents the results of tests on the wear resistance of samples before and after electrolytic-plasma surface hardening. The optimal composition of the electrolyte was determined for the 40khn EUP of steel containing 10% sodium carbonate and 15% urea, which does not lead to erosion of the surface layer, oxidation and decarburization. As a result of EPU, a modified layer with increased hardness and wear resistance was obtained. Changes in the microhardness of the surface layer OF 40khn steel after EPU, as well as the dependence of microhardness on the duration of exposure to the electrolyte by plasma, were studied. The structural and phase States of the hardened surface layers OF 40khn steel were studied.

Ключевые слова: электролитно-плазменное упрочнение (ЭПУ), сталь, износостойкость, электролит, структура.

Работоспособность машин и механизмов зависит от износостойкости деталей подшипниковых узлов, зубчатых колес, кулачковых валов двигателей внутреннего сгорания и других деталей, которые зачастую испытывают большие ударные нагрузки. Для долговечности работы детали должны обладать высокой прочностью и твердостью поверхностного слоя в сочетании с достаточной пластичностью сердцевины. Электролитно-плазменное упрочнение (ЭПУ) представляет собой один из способов скоростного нагрева, при котором обрабатываемая деталь является катодом или анодом относительно водного электролита. В зависимости от режима нагрева, состава электролита, конструктивных параметров оборудования можно производить закалку, химико-термическую и термоциклическую обработку материалов [1, 3]. При этом электролитно-плазменная закалка является наиболее экономичным и производительным методом. Она характеризуется меньшей энергоемкостью, простотой технологического оборудования и большими размерами упрочненной зоны. Достоинствами метода являются достаточно большая производительность процесса и возможность упрочнять детали большой массы и сложного профиля [3].

На основании вышеизложенного, актуальным является изучение влияния режимов электролитно-плазменного упрочнения на структурные свойства легированных конструкционных сталей.

В качестве объекта исследования была выбрана сталь 40ХН. Выбор материалов исследования обоснован тем, что эта сталь широко применяется в производстве деталей для механизмов, экс-

платируемых в условиях постоянной нагрузки. Химический состав стали 40ХН представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав стали 40ХН (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,36- 0,44	0,17- 0,37	0,5-0,8	1- 1,4	до 0,035	до 0,035	0,45-0,75	до 0,3

Электролитно-плазменное упрочнение образцов осуществлялось на лабораторной установке, разработанной и изготовленной в научно-исследовательском центре «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского государственного университета им. С. Аманжолова. Испытание образцов на абразивное изнашивание проводили на экспериментальной установке по схеме «вращающийся ролик – плоская поверхность» в соответствии с ГОСТ 23.208-79. Элементный состав образца, обработанного в электролитной плазме, исследовали на растровом электронном микроскопе JSM-6390LV фирмы JEOL (Япония) с приставкой энергодисперсионного микроанализа INCA Energy фирмы OXFORD Instruments. Измерения на микротвердость проводили на приборе ПМТ-3 в соответствии с ГОСТ 9450-76. Образцы размером 10×10×20 мм вырезали из вала алмазным диском толщиной 1 мм, который погружен в охлаждающую жидкость. При малых оборотах резания ($n = 350$ об/мин) и низкой нагрузке ($m = 250$ г) образец не испытывает деформации и термического воздействия. Для металлографического микроанализа шлифы после полировки с применением пасты диоксида хрома травили 5 %-м спиртовым раствором азотной кислоты.

Для поверхностной закалки сталей наиболее широко применяются водные растворы карбоната натрия [5]. Как известно [6,7], для катодного процесса наиболее оптимальным компонентом, обеспечивающим устойчивый разряд, является карбонат натрия. В связи с этим, для проведения поверхностной закалки был выбран электролит на основе карбоната натрия. С целью предотвращения процесса обезуглероживания в состав электролита был добавлен карбамид. Выбор карбамида связан с тем, что данное вещество является источником углерода, а также характеризуется дешевой и экологической безопасностью. Важно также отметить, что карбамид хорошо растворим в воде: при 20 °С растворимость карбамида 51,83 % (масс) [8]. Кроме того, карбонат натрия хорошо взаимодействует с карбамидом. В связи с этим, в качестве компонента, обеспечивающего оптимальное значение электропроводности электролита выбран карбонат натрия, а с целью предотвращения обезуглероживания поверхности выбран карбамид.

Для ЭПУ были выбраны следующие электролиты, содержащие карбамид и карбонат натрия с различными концентрациями (табл. 2).

Таблица 2

Состав растворов

Номер электролита	Количество концентрата и воды, %		
	Карбонат натрия Na_2CO_3	Карбамид $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	Вода H_2O
№1	10	15	75
№2	15	15	70
№3	10	20	70
№4	15	10	75
№5	20	10	70

На рис. 1 приведены зависимости микротвердости стали 40ХН от состава электролита. Электролитно-плазменное упрочнение осуществляли воздействием электролитической плазмы в течение 3 с с последующим охлаждением в проточном электролите. Температура электролита составляла ≈ 40 °С. Видно, что микротвердость образцов возрастает с повышением концентрации карба-

мида в электролите и доходят до 4420 МПа. Высокая твердость наблюдается у образцов, обработанных в электролитах, содержащих 15 % и 20 % карбамида. А образцы, обработанные в электролитах, содержащих 10 % карбамида и 15-20 % карбоната натрия, показали наименьшую твердость. Это, возможно, связано с обезуглероживанием поверхностного слоя. Так как, в составе карбамида имеется углерод и азот в большем количестве, это позволяет модифицировать поверхность и предотвращает процессы обезуглероживания поверхности, при этом изменение концентрации карбоната натрия не приводит к значительному изменению твердости поверхности.

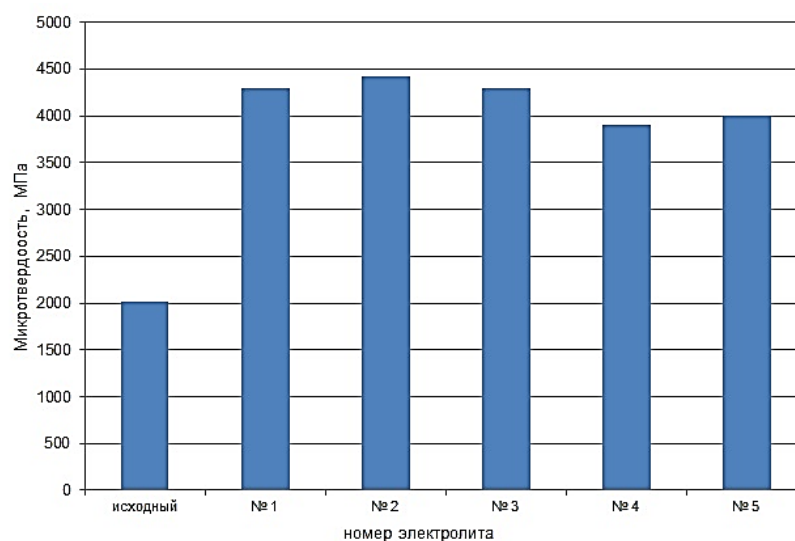


Рисунок 1 – Зависимость микротвердости стали 40ХН от состава электролита

Таким образом, мы получили наиболее оптимальный состав электролита для проведения электролитно-плазменной поверхностной заделки сталей, который не приводит поверхностный слой к эрозии, окислению и обезуглероживанию, – это электролит, содержащий до 15 % карбоната натрия и 15 % карбамида. Кроме того, при использовании такого электролита образуется стабильный устойчивый разряд.

В табл. 2 показана интенсивность изнашивания ($\text{мм}^3 / \text{Н} \times \text{м}$) образцов стали 40ХН до и после ЭПУ. Испытания проведены по схеме «шар - диск». Видно, что обработанный образец показывает значительное снижение интенсивности изнашивания по сравнению с исходным образцом, что указывает на значительное повышение износостойкости сталей. Результаты испытания образцов на абразивный износ охарактеризовали объемом износа образцов после испытания. В табл. 3 показаны объем износа образца стали 40ХН до и после упрочнения ЭПУ. Видно, что объем износа упрочненного образца значительно меньше, чем не упрочненного образца, что указывает на повышение стойкости к абразивному износу 40ХН после поверхностной заделки.

Были изучены изменения микротвердости поверхностного слоя сталей 40ХН после ЭПУ. В табл. 3 приведены зависимости микротвердости стали 40ХН от продолжительности воздействия электролитной плазмы. Видно, что микротвердость стали 40ХН после ЭПУ увеличивается в 2 раза.

Таблица 3

Результаты исследования микротвердости и износостойкости стали 40ХН до и после ЭПУ

Наименование образцов	Микротвердость, МПа	Интенсивность изнашивания, $\text{мм}^3 / \text{Н} \times \text{м}$	Объем износа, мм^3
40ХН исходный	2030	8,9	11,03
40ХН после ЭПУ, 3 с	4407	0,28	0,07

Микроструктура поперечного сечения стали 40ХН после электролитно-плазменной поверхностной закалки приведена на рис. 2. Видно, что структура поперечного сечения стали условно разделена на 3 зоны: на поверхности наблюдается зона 1 – закаленный слой; зона 2 – слой термического влияния; зона 3 – матрица. Закаленный слой представляет собой однородную мелкозернистую мартенситную структуру. По мере увеличения глубины наблюдается формирование неоднородной структуры – зоны термического влияния, которая представляет собой мартенсит и перлит. Затем эта зона переходит в перлитно-ферритную структуру, т.е. в структуру матрицы. Толщина модифицированного слоя составляет 1-1,2 мм.

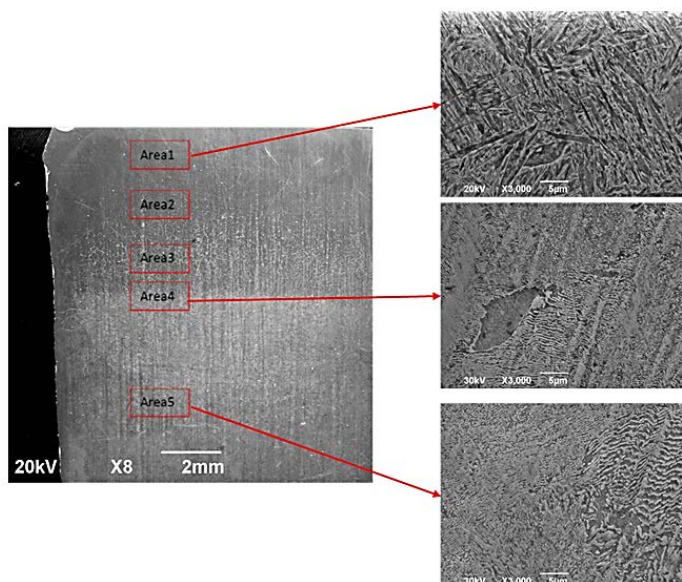
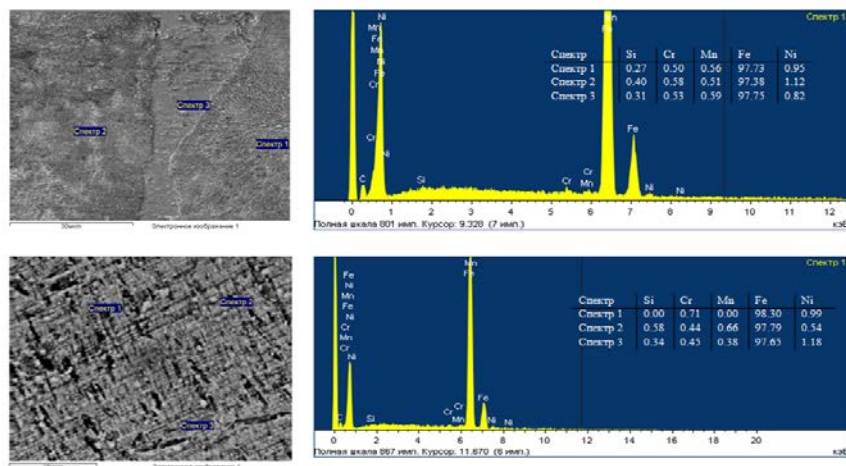


Рисунок 2 – Микроструктура поперечного сечения стали 40ХН после ЭПУ с продолжительностью нагрева 3 с

С целью выявления изменений элементного состава поверхности был проведен энергодисперсионный анализ поверхности образцов стали 40ХН до и после ЭПУ. Результаты энергодисперсионного анализа (рис. 3) показывают, что после ЭПУ не наблюдаются значительные изменения элементного состава поверхности стали 40ХН.



а) до, б) после ЭПУ с продолжительностью нагрева 3 с

Рисунок 3 – Результаты рентгеноспектрального микроанализа поверхности стали 40ХН

На рис. 4 представлена рентгеновская дифрактограмма стали 40ХН до и после ЭПУ. Рентгеноструктурный анализ показал, что в исходном состоянии, то есть после стандартной термообработки, в структуре стали 40ХН присутствуют α -фаза и цементит (Fe_3C). После ЭПУ на дифрактограммах наблюдается уширение интерференционных линий от кристаллографической плоскости (110). Уширение интерференционной линии (110) связано с ростом плотности дислокаций, формированием мартенсита и определяется главным образом тетрагональностью мартенсита [8].

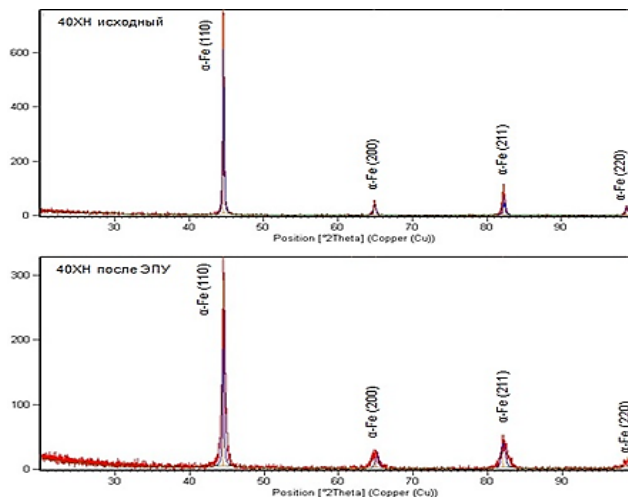


Рисунок 4 – Дифрактограмма стали 40ХН до и после ЭПУ

Таким образом, главным достоинством ЭПУ является возможность получения модифицированного слоя на поверхности сталей, состоящей из мартенсита с карбидными частицами. При этом основа материала не изменяется, она состоит из ферритно-перлитной структуры, т.е. деталь сохраняет свою вязкую сердцевину.

Заключение.

Анализируя полученные в работе экспериментальные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Определено, что наиболее оптимальными составами электролита для проведения электролитно-плазменной поверхностной закалки сталей, который не приводит поверхностный слой к эрозии, окислению и обезуглероживанию, являются составы, содержащие до 15 % карбоната натрия и 15 % карбамида. Установлено, что увеличение концентрации карбоната натрия в электролите приводит к повышению параметра шероховатости поверхности.
2. Установлено, что после ЭПУ формируется модифицированный слой толщиной 1-1,2 мм с высокой твердостью и износостойкостью, состоящий из закаленного слоя из мелкозернистого мартенсита, промежуточного слоя из перлита и мартенсита.
3. Установлено, что после ЭПУ повышается микротвердость и износостойкость стали 40ХН в зависимости от режима обработки. После ЭПУ продолжительностью нагрева 3 сек микротвердость увеличивается до 2 раз, износостойкость увеличивается до 30 раз. Высокая износостойкость сталей после ЭПУ связана с формированием фрагментированного мартенсита с дисперсными карбидами.

В статье использованы результаты, полученные при поддержке грантового финансирования МОН РК № AP05134936.

Список литературы

1. Самотугин, С. С. Плазменное микро- и наноструктурирование поверхности инструментальных сталей / С. С. Самотугин, В. А. Мазур // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2013. – № 4. – С. 29–37.

2. Handbook of Hard Coatings. Deposition Technologies, Properties and Applications. Edited by Rointan F. Bunshah. University of California, Los Angeles, USA. - 2001. - 538 p.
3. Рахадиллов Б.К., Скаков М.К., Сагдолдина Ж.Б., Кенесбеков А.Б. Способ поверхностной закалки стальных изделий // Патент на изобретение РК; МПК C21D 1/09/. Оpubл. 04.06.2018, Бюл. № 20.
4. Браун Э.Д., Буше Н.А., Буяновский И.А. и др. Основы трибологии (трение, износ, смазка) / под ред. А.В.Чичинадзе: Учебник для технических вузов. – 2-е изд. – М.: Центр «Наука и техника», 2001. – 778 с.
5. Белкин П.Н. Анодная электрохимико-термическая модификация металлов и сплавов // Электронная обработка материалов. – 2010. – Т. 46(6). – С. 29-41.
6. Дураджи В.Н., Парсаданян А.С. Нагрев металлов в электролитной плазме. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 216 с.
7. Tyurin Y.N., Pogrebnyak A.D., Electric Heating Using a Liquid Electrode, Surface and Coatings Technology, 142-144. – 2001. – P. 293–299.
8. А.А. Соколовский, Е.В. Яшке. Технология минеральных удобрений и кислот: Учебник для химико-технолог. техникумов: доп. М-вом высш. и сред. спец. образования СССР. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Химия, 1979. – 384 с
9. Бернштейн М.Л., Займовский В.А., Капуткина Л.М. Термомеханическая обработка стали. – М.: Металлургия, 1983. – 480 с.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 44.31

Ж.Т. Тураров, В.А. Седелев

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ СБЕРЕЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
ТОО «УСТЬ-КАМЕНОГОРСКАЯ ТЭЦ»**

В данной статье разработаны мероприятия по снижению удельного расхода топлива на отпущенную тепловую энергию для ТОО «Усть-Каменогорская ТЭЦ» путем снижения расхода электрической энергии на собственные нужды теплофикационной установки. Анализируя динамику изменения расходов теплоносителя в течение суток по городским тепловым магистралям, был выявлен существенный перерасход электрической энергии на транспортировку теплоносителя. В качестве мероприятия по снижению удельного расхода топлива на отпущенную тепловую энергию рассмотрена установка частотных приводов в сетевых насосах.

Бұл мақалада «Өскемен ЖЭО» ЖШС үшін жылу беру қондырғысының өз мұқтаждықтарына электр энергиясының шығынын төмендету жолымен босатылған жылу энергиясына отынның үлестік шығынын төмендету бойынша іс-шаралар әзірленді. Қалалық жылу магистральдары бойынша бір тәулік ішінде жылу жеткізуші шығындарының өзгеру динамикасын талдай отырып, жылу тасымалдағышты тасымалдауға электр энергиясының едәуір артық жұмсалуды анықталды. Берілген жылу энергиясына отынның меншікті шығынын төмендету бойынша іс-шаралар ретінде желілік насостарда жиілік жетектерін орнату қарастырылды.

In this article, measures to reduce the specific fuel consumption for the released thermal energy for Ust-Kamenogorsk CHP LLP by reducing the consumption of electric energy for the own needs of the heating plant are developed. Analyzing the dynamics of the coolant flow during the day urban heat highways, revealed a significant over-expenditure of electrical energy for transport of the coolant. As a measure to reduce the specific fuel consumption for the released thermal energy, the installation of frequency drives in network pumps is considered.

Ключевые слова: удельный расход топлива, отпущенная тепловая энергия, теплоноситель, тепловая энергия.

Одной из основных энергетических характеристик/показателей эффективности работы тепловых электрических станции является удельный расход топлива. Выполнение мероприятия по сниже-

нию удельных расходов топлива, непосредственно приведет к снижению потребления энергетических ресурсов и улучшению экологической обстановки в городе. В осенне-зимний период тепловая нагрузка станции определяется температурным графиком тепловых сетей, в неотапливаемый период – расходом тепла на горячее водоснабжение.

Для сравнения полученных результатов от изучаемого мероприятия первым шагом рассчитывается удельный расход топлива для исходного режима и состава оборудования.

В качестве исходных данных взят летний режим работы оборудования ТОО «Усть-Каменогорская ТЭЦ», при этом, остаются в работе:

- 1) котлоагрегаты ст. № 11÷14 (БКЗ – 320 – 140);
- 2) турбоагрегаты ст. № 4 (Р – 3,5 – 29/7), ст. № 10 (Т – 50 – 130), ст. № 11 (Т – 120 – 130) и ст. № 12 (СС – 120/103 – 12,8/1,08/0,2);
- 3) теплофикационная установка турбоагрегата ст. № 11 (один бойлер, один сетевой насос первой ступени и три насоса второй ступени).

В летнем режиме по условиям договора между теплоисточником и распределительной компанией для обеспечения оптимального гидравлического режима давление теплоносителя в системе горячего водоснабжения должно составлять 7,5 кгс/см² (±5 %). Регулирование давления в системе производится в ручном режиме за счет воздействия на запорную арматуру в нагнетательном трубопроводе непосредственно у сетевых насосов.

Таблица 1

Данные работающих насосов теплофикационной установки

Параметры	Конденсатные насосы	Сетевые насосы I ступени	Сетевые насосы II ступени
Тип	12 КСВ 9х4	20 НДС	КРНА 400/700
Производительность, м ³ /ч	300	2700	1250
Расчётный напор, м вод.ст.	160	39	140
Число оборотов, об/мин	1480	730	1490
Мощность двигателя, кВт	250	400	710

Удельный расход условного топлива на отпущенную тепловую энергию для существующего режима и состава оборудования водоподготовки определяется по формуле [1]:

$$b_{\text{тэ}}^{\text{отп}} = \frac{b_{\text{к}}^{\text{н}} * f}{\eta_{\text{тп}}} * 10^2 + \frac{\mathcal{E}_{\text{тепл}}}{Q_{\text{отп}}} * b_{\text{э}}^{\text{от}} * 10^3, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{\text{тепл}}$ – расход электрической энергии насосами теплофикационной установки (сетевые, подпиточные, конденсационные); $Q_{\text{отп}}$ – отпущенная тепловая энергия; $\eta_{\text{тп}}$ – коэффициент теплового потока, в соответствии с нормативными значениями для котлоагрегата БКЗ – 320 – 140, равен 98,29 %, при его работе с производительностью 280 т/ч [2]; $b_{\text{к}}^{\text{н}}$ – удельный расход условного топлива на тепло, отпущенный котлоагрегатом, в соответствии с нормативными значениями для котлоагрегата БКЗ – 320 – 140, равен 173,161 кг/Гкал [2]; $b_{\text{э}}^{\text{от}}$ – удельный расход условного топлива на отпущенную электрическую энергию, в соответствии с нормативными значениями, равен 271,7 г/кВт*ч [2]; f – коэффициент, учитывающий потери тепла, обусловленный отпуском тепловой энергии.

Далее определяется расход электрической энергии насосами теплофикационной установки:

$$\mathcal{E}_{\text{тепл}} = 24 \text{ часа} * (250 \text{ кВт} + 400 \text{ кВт} + 3 \text{ шт} * 710 \text{ кВт}) = 66 \, 720 \text{ кВт}.$$

Отпущенная тепловая энергия определяется по формуле [3]:

$$Q_{\text{отп}} = \frac{(D_{\text{пр}} * t_{\text{пр}}) - (D_{\text{обр}} * t_{\text{обр}}) - (D_{\text{подп}} * t_{\text{исх}})}{1000}. \quad (2)$$

По данным приборов учета ТЭЦ за 25 сентября 2019 г. фактический суточный объем теплоносителя на подающем трубопроводе составил 71 560 м³, на обратном – 50 316 м³, объем сетевой воды на подпитку составил 21 244 м³, среднесуточная температура теплоносителя в подающем трубопроводе 70,5 °С, в обратном – 54,1 °С и температура исходной воды составила 9 °С.

$$Q_{\text{отп}} = \frac{(71560 \cdot 70,5) - (50316 \cdot 54,1) - (21241 \cdot 9)}{1000} = 2132 \text{ Гкал.}$$

Коэффициент, учитывающий потери тепла, обусловленный отпуском тепловой энергии определяется по формуле:

$$f = 1 + \frac{Q_{\text{от}}^{\text{пот}}}{Q_{\text{отп}}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{от}}^{\text{пот}}$ – номинальная величина потерь, связанных с отпуском тепла, в соответствии с нормативными энергетическими характеристиками равна 5,6 %, то есть:

$$Q_{\text{от}}^{\text{пот}} = 2132 \cdot 0,056 = 119,39 \text{ Гкал,}$$

$$f = 1 + \frac{119,32}{2132} = 1,056.$$

Далее по формуле (1) определяется удельный расход топлива на отпущенную тепловую энергию для существующего состава оборудования:

$$b_{\text{тэ}}^{\text{отп}} = \frac{173,161 \cdot 1,056}{98,29} \cdot 10^2 + \frac{66720}{2132 \cdot 10^6} \cdot 271,7 \cdot 10^3 = 194,542 \text{ кг/Гкал.}$$

На рис. 1 представлен график изменения расхода теплоносителя на подающем трубопроводе от теплоисточника от времени суток по данным приборов учета ТОО «Усть – Каменогорская ТЭЦ». По данным приборов диапазон изменения расхода теплоносителя в зависимости от времени суток на подающем трубопроводе суммарно по всем тепловым магистралям составил от 2379 м³/ч (2:15) до 3568 м³/ч (7:07).

Соответственно, величина расхода теплоносителя от минимального ночного провала до максимального значения утренних и вечерних водоразборов составляет 1189 м³/ч. Изменения должны проходить плавно, для чего предлагается переоборудовать сетевые насосы частотными преобразователями, которые обеспечат плавное регулирование в широком диапазоне.

Опыт эксплуатации и результаты наблюдений показывают, что электрической энергии при применении частотных регулируемых приводов достигает от 20 до 60 %. [4] Расчет выполняем для двух случаев: 20 % и 60 % снижения расхода электроэнергии от применения преобразователей частоты.

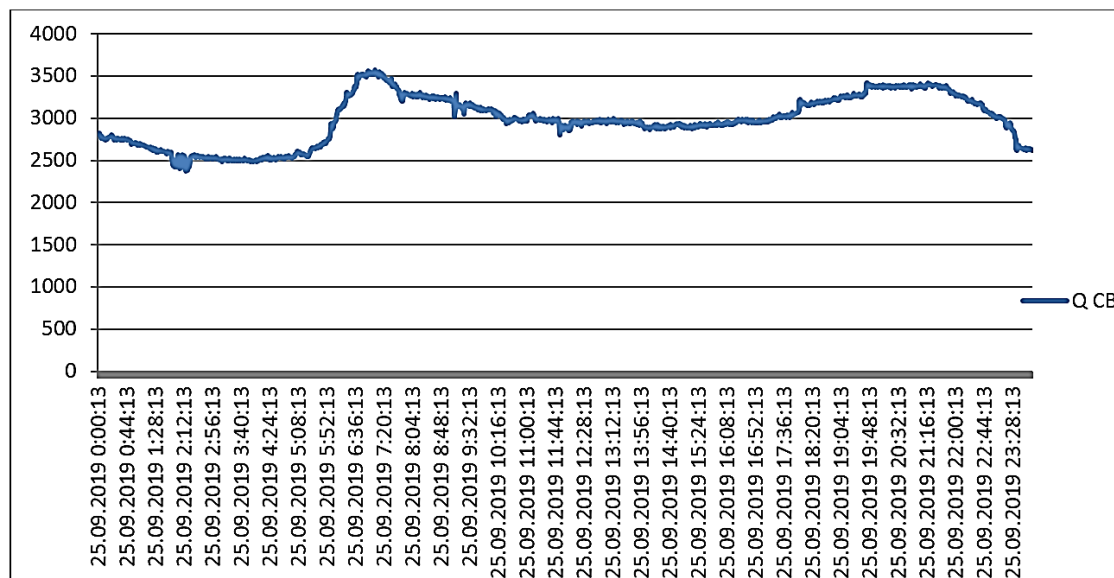


Рисунок 1 – График изменения расхода теплоносителя в течении суток ТОО «Усть-Каменогорская ТЭЦ»

Диапазон изменения расходов в течение суток составляет более 1000 м³/ч, что определяет применение для регулирования расхода теплоносителя в данном диапазоне частотного привода два сетевого насоса производительностью 1250 м³/ч.

Далее определяется расход электрической энергии насосами теплофикационной установки при экономии 20 %:

$$\mathcal{E}_{\text{тепл}} = 24 \text{ часа} * (250 \text{ кВт} + 400 \text{ кВт} + 710 \text{ кВт} + 0,2 * 2 \text{ шт} * 710 \text{ кВт}) = 39456 \text{ кВт}.$$

По формуле (1) находим удельный расход условного топлива на отпущенную тепловую энергию:

$$b_{\text{тэ}}^{\text{отп}} = \frac{173,161 * 1,056}{98,29} * 10^2 + \frac{39456}{2132 * 10^6} * 271,7 * 10^3 = 191,07 \text{ кг/Гкал}.$$

Определяется расход электрической энергии насосами теплофикационной установки при экономии 60 %:

$$\mathcal{E}_{\text{тепл}} = 24 \text{ часа} * (250 \text{ кВт} + 400 \text{ кВт} + 710 \text{ кВт} + 0,6 * 2 \text{ шт} * 710 \text{ кВт}) = 53088 \text{ кВт}.$$

По формуле (1) определяется удельный расход условного топлива на отпущенную тепловую энергию:

$$b_{\text{тэ}}^{\text{отп}} = \frac{173,161 * 1,056}{98,29} * 10^2 + \frac{53088}{2132 * 10^6} * 271,7 * 10^3 = 192,81 \text{ кг/Гкал}.$$

Для удобства сравнения результаты расчетов сведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты анализа экономии

Показатель	$b_{\text{тэ}}^{\text{отп}}$, кг/Гкал	$\mathcal{E}_{\text{тепл}}$, кВт
Текущее состояние	195	66 720
$\mathcal{E}_{\text{тепл}}$ ↓ на 20%	191	39456
$\mathcal{E}_{\text{тепл}}$ ↓ на 60%	193	53 088

Выводы. Как показывают результаты анализа в табл. 2, применение частотных приводов в оборудовании теплофикационной установки позволит снизить удельные расходы топлива на отпущенную тепловую энергию от 195 кг/Гкал до 191 кг/Гкал. Также одним из положительных моментов является плавное изменение регулируемых параметров теплоносителя и увеличение срока службы оборудования теплофикационной установки.

Снижением удельных расходов топлива достигается снижение потребления топливно-энергетического ресурса и увеличение эксплуатационного ресурса применяемого теплофикационного оборудования.

Список литературы

1. РД 34 РК.09.155 – 04 Методические указания по составлению и содержанию энергетических характеристик оборудования тепловых станций. – Алматы, 2004 г.
2. Нормативные энергетические характеристики турбин и котлов, графики исходно-нормативных удельных расходов топлива ТОО «Усть – Каменогорская ТЭЦ».
3. Правила учета отпуска тепловой энергии и теплоносителя / МЭ РК. – 2015 г.
4. Шарапов В.И., Ротов П.В. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения. – 2007. – С. 166.

Получено 07.02.2020

MFTAA 55.41.33

Р.С. Устемирова, М.В. Аманова, Ж.А. Каскатаев¹Қазақ қатынас жолдар университеті, Алматы қ.**ТЕПЛОВОЗДАРДЫҢ ТАРТЫМДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЖОҒАРЫЛАТУ**

Мақалада локомотивтердің тартқыш қасиеттерінің деңгейін және сипаттамасын анықтайтын негізгі факторлар мен құрылымдар, сондай-ақ оларды одан әрі жетілдіру жолдары көрсетілген.

В статье приведены основные факторы и структуры, определяющие уровень и характеристики тяговых свойств локомотивов, а также пути дальнейшего их совершенствования.

The article presents the main factors and structures that determine the level and characteristics of traction properties of locomotives, as well as ways to further improve them.

Түйін сөздер: локомотивтердің тартымдық қасиеттері, тартымды жылжымалы құрам, дизель-генераторлық қондырғы, жетілдіру.

Қазақстан Республикасының теміржол көлігінің заманауи дамуының негізгі міндеттерінің бірі – тозған локомотив паркін жаңарту болып табылады. Бұл проблеманы шешуде тартымды жылжымалы құрамды перспективалы дамыту және құру және қолданыстағы локомотивтердің айтарлықтай жаңғыртылуы қажет.

Тасымалдау үдерісінің жоғары тиімділігіне қол жеткізу үшін қозғалысты пайдалану мәдениетті жақсартатын энергетикалық өнімділікті, сенімділікті және экологиялық қауіпсіздікті арттыруға бағытталған локомотивтерге озық техникалық шешімдерді енгізу қажет.

Қазіргі жағдайда Қазақстанда теміржол көлігін дамыту стратегиясының басым бағыттары:

- қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету;
- ресурс үнемдейтін технологияларды кеңінен енгізу;
- тартымдық жылжымалы құрамды жаңарту;
- тасымалдау процесінің тиімділігін арттыруға бағытталған ғылыми-техникалық әдістемелерді енгізу.

Тепловоздарды пайдалану процесі үш режимнің сипаттамасымен сипатталады: бос жүріс, жеке және номиналды жүктеме. Осы режимдерде дизель-генераторлық қондырғының жұмыс уақыты кездейсоқ және тепловоздың жұмыс істейтін жағдайларына байланысты.

Бос жүріс кезінде тепловоздардың дизель-генераторлық қондырғының жұмыс істейтін уақыты, жол бойындағы тұру уақытын ескере отырып, жұмыс істеп тұрған локомотивтің жалпы жұмыс уақытының 40 %-дан 78 %-ға дейінгі диапазонында өзгереді [1].

Номиналды қуат режимінде локомотивтер 0,5 %-дан 15 %-ға дейін жұмыс істейді, ал қалған бөлігі жеке жүктемелермен есептеледі.

Демек, тепловоздық дизель-генераторлық қондырғы басқа көлік және стационарлы дизель генераторларынан айырмашылығы, негізгі уақытты (85 % және одан да көп) бос жүріс және ішінара жүктемелерде жұмыс жасайды.

Темір жолдарда тепловоздарды пайдаланудың ерекшеліктерін ескере отырып, жүктеме режимдерін пайдалану, локомотивтің машинистің контроллері мен дизель қозғалтқышының атқаратын қуатының жұмыс уақытын бағалау ретінде, тепловоздық локомотивтік қондырғының тиімділігін нақты көрсетпейтіндігін атап өткен жөн. Энергия көрсеткіштері, атап айтқанда, дизель генераторының генерацияланған энергиясы және дизельді қозғалтқыштың отын шығыны есепке алынады.

Тепловоздың тартымдық қасиеттерін бағалау үшін қолданылатын және болашақта болжамаланған локомотивтердің тарту мүмкіндігін іске асыру деңгейін арттыруға бағытталған жылжымалы өлшеу және тіркеу кешені ұсынылады [1, 2].

Кешеннің идеясы борттық интеллектуалды, автоматтандырылған мониторинг жүйесін құруды көздейді, ол локомотив құралдарының шынайы жұмыс жағдайында тартқыш сипаттамалары мен мүмкіндіктерін бағалауға, реттеуге және тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Ұсынылған шешімнің жаңалығы:

- заманауи микропроцессорлық компоненттер және олардың белгілі бір тепловоздық энергетикалық кешеніне бейімделуі;

– мобильді, борттық өлшеу және тіркеу жүйесі;
– рельстермен дөңгелектің өзара әрекеттесуінің инновациялық теориясын ескермеген жаңа білім негізінде тартымдық және тіркегіш қасиеттерін бақылауды қамтамасыз ететін бағдарламалық өнім.

Борттық өлшеу-тіркеу кешенінің (БИРК) іске асыру нәтижесі отын энергетикалық ресурстарға жұмсалатын шығындардың азаюын қамтамасыз ететін локомотивтердің тартқыш қасиеттерін паспорттау, тартымды жылжымалы құрамды жоспарлы жөндеуден өткізу және жөндеу жұмыстарын жүргізу болып табылады.

Локомотивтің әртүрлі жылдамдықтардағы және әртүрлі жұмыс режимдерінде максималды тартуды жүзеге асыру қабілеті деп тартқыш-тіркеу қасиеттері түсіндіріледі. Осы қасиеттерді бағалау және жақсарту локомотив шаруашылығының жүк тасымалы мен отын-энергетикалық ресурстарды үнемдеу жағдайындағы басты міндеті болып табылады.

Қазіргі заманғы магистральды тепловоз қуаттылығы 3000 ... 4000 кВт, жылу энергетикалық қондырғыларынан (дизельді қозғалтқыш), тартқыш генератор мен түрлендіргіштерден, сондай-ақ тартқыш электр қозғалтқыштан тұратын күрделі энергетикалық кешен.

Жоспарланған жөндеуден кейін тепловоздың техникалық сипаттамалары анықталатын тартымдық мінездемелері болуы керек.

КРП немесе ТР-3-тен өтетін локомотивтермен тәжірибелі сапарлар жүргізілді, оның барысында негізгі параметрлерін өлшеу және тіркеу (қозғалтқыш күші және генераторлық кернеуі, қозғалтқыштардың тартым токтары) түрлі қозғалыс режимдері бойынша жүргізілді:

- тартымдық қуаттың таралуы және секцияларда сатылатын қуат 15 %-дан 22 %-ға дейін;
- отын-энергетикалық ресурстарды тұтыну 8 %-дан 12 %-ға жоғары;
- машинист контроллерінің жоғары позицияларда жұмыс істеген кезде, сырғанауға бейімділік жоғарылайды;
- құмдардың шығыны жоғары бағаланған;
- байланыс қасиеттерін пайдалану көрсеткіші 0,76 ... 0,8-ден аспайды;

Мобильді өлшеу және диагностика, жазу кешені және оның бағдарламалық қамтамасыз етілуі техникалық регламенттердің талаптарына сәйкес келмейтіндіктерін сенімді түрде бағалай отырып, тепловоздардың жүйелерінің сипаттамаларын автоматты түрде талдауға мүмкіндік береді.

Инновациялық жобаның мақсаты – пайдаланылатын және перспективалық локомотивтердің тартылу мүмкіндіктерін енгізу деңгейін арттыру [3].

Тартқыш-байланыс қасиеттерін тиімді іске асыру нормативтік шектерде біріктірілуі тиіс факторлар мен параметрлердің бірқатар кешенімен анықталады:

а) конструкциялық және механикалық параметрлер: осьтік формула және доңғалақтың диаметрі; локомотивінің қондырғысының электр қуаты; тарату түрі және оны реттеу; осьтік жүктеме; локомотив арбашаларының негізгі параметрлері; секциялардың саны; конструкциялық және ұзақ мерзімді жылдамдық; тірек-арқалық ілінісу; бір немесе екі жақты жетек және оның түрі;

б) электрлік параметрлер: ауыспалы ток немесе ауыспалы ток генераторларының қуаты; түрлендіргіштердің түрлері, қорғау жүйесінің тартымдық қозғалтқыштарының қуаттылығы, локомотивтік энергетикалық қондырғыларын және электрлік берілісті диагностикалау және реттеу үшін тартқыш қозғалтқыштардың қуаты.

Локомотивтің тартқыш және біріктіруші қасиеттерін параметрлік бағалау тепловоздың тартымды-қосылыстың сипаттамаларын, оның секциялық құрамын, осьтік сипаттамаларын және орналасуын, сондай-ақ оның құрылғылары мен жабдықтардың салмақ сипаттамаларын енгізу, сенімділік және қозғалыс қауіпсіздігінің талаптарына сәйкестігін айқындайды.

Локомотивтерді борттық автоматты интеллектуалды басқару жүйесімен жабдықтауға арналған инновациялық жоба ұсынылды. Ол үшін локомотивтердің тартымды мүмкіндіктерін бақылап, одан кейін локомотивтің тартымды сипаттамаларының стандартталған параметрлерін анықтайтын әдістемелік және техникалық қамтамасыз ету жоспарланған.

Жобаны іске асыру келісімшарт негізінде және тапсырыс берушімен келісімшарт жасасу арқылы қалыптасатын бірқатар негізгі деңгейлерді қамтиды, мысалы, «Локомотив» АҚ:

1-денгей – доңғалақты теміржол өзара әрекеттесу теориясының жаңа білімі негізінде, дизельді локомотивтік кешеннің аналитикалық, математикалық және симуляциялық моделін қалыптастыру, сондай-ақ оларды талдау әдістері.

2-денгей – борттық өлшеу және тіркеу кешеніне (сенсорлар, түрлендіргіштер, адаптерлер, процессорлық жүйелер) компоненттерді негіздеу, жабдықты сатып алу, енгізуді бақылау, масштабтау.

3-денгей – тепловоздардың түріне (жүк, жолаушы, маневр) түрлендірілген заманауи құрамдас бөліктерге тепловоздарды өлшеу және диагностикалау, борттық жүйесін дамыту, объектілерді өлшеу, тіркеу және басқару жөніндегі бағдарламаны әзірлеу.

4-денгей – датчиктерді, жабдықтарды және шеткі жабдықтарды тепловоздық кешенге қосу, пилоттық тестілеуді ұйымдастыру және өткізу;

5-денгей – эксперименталдық нәтижелерді өңдеу және кешенді аяқтау. Кешеннің нұсқауларын және техникалық паспортын әзірлеу. Эксперименттік тәжірибелік борттық үлгіні пайдалануға енгізу және оған қызмет көрсету бойынша қызметтер көрсету.

Әдебиеттер тізімі

1. Машнев М.М. Гедгафов В.К. Пути развития тяговых передач локомотивов // II ж.д. трансп., 2002. – № 10. – С. 43-46.
2. Голубенко А.Л. Принципы совершенствования экипажа локомотива для улучшения его сцепных свойств. – Ворошиловград: Ворошиловградский машиностроительный институт, ЦНИИ ТЭИ Тяжмаш, 1986. Деп. – № 1704. – 44 с.
3. Кобзев С. А. Пути повышения энергоэффективности тягового подвижного состава // Железнодорожный транспорт, 2004. – № 8. – С. 41-44.

Қабылданды 07.02.2020

МРНТИ 621.643

В.Г. Харинов, А.Г. Гольцев, В.Ю. Чернавин

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСПОРНЫХ КРЕПЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В статье представлены основные параметры распорных креплений, которые определены в результате экспериментальных исследований. Приведены сведения о влиянии конструктивных параметров на трудоемкость установки, расклинивание и несущую способность распорных креплений.

Мақалада эксперименталды зерттеулер нәтижесінде анықталған кергіштердің негізгі параметрлері берілген. Конструкциялық параметрлердің қондырғының еңбек сыйымдылығына, кергіш бекітпелердің көтергіш қабілетіне әсері туралы мәліметтер келтірілген.

The article presents the main parameters of spacers, which are determined as a result of experimental studies. Data on the influence of design parameters on the complexity of installation, wedging and bearing capacity of spacer mounts are given.

Ключевые слова: несущая способность, прочность материала, распорное крепление.

Анализ современных распорных болтов (дюбель типа I) для закрепления строительных элементов на несущих конструкциях показывает, что их несущая способность зависит от многих параметров самой конструкции, в частности толщина цанги δ , диаметр стержня d_n , глубина установки L , угол конусности распорной пробки и угол конусности самой втулки.

При расклинивании такой конструкции, необходимо вдавить стенки нижней части втулки в тело несущей конструкции на определенную величину Δ , при достижении которой происходит

прочное сцепление распорного крепления с материалом несущей конструкции. Таким образом, создается напряженное состояние в бетоне, позволяющее распорным креплениям выдерживать значительные выдергивающие усилия.

Внедрение стенок втулки в материал происходит с их изгибом. При этом, чтобы предотвратить ненужный разрыв металла в нижней части и для облегчения расклинивания делают прорезы, которые делают ее на отдельные элементы – лепестки. Для изгиба такого лепестка необходимо приложить силу, величина которой должна изменяться в зависимости от площади сечения в месте изгиба, т.е. толщины δ_v , наружного d_n и внутреннего d_v диаметров.

При этом необходимо приложить к стенкам усилие, превышающее прочность материала на смятие, которое характеризуется его маркой M . Конструкции такого типа в своей нижней части выполнены с утолщением, постоянно меняющимся по длине и характеризующимся углом конусности α_v и высотой конусной части $h_{v.k.}$.

При расклинивании необходимо преодолеть силу трения, возникающую между распорной пробкой и стенками втулки. Величина силы трения зависит от площади распорной пробки $h_{p.p.}$ и $d_{p.p.}$. Существенное значение имеет соотношение углов конусности распорной части втулки α_v и распорной пробки α_p . При $\alpha_v \gg \alpha_p$ происходит вклинивание распорной пробки в стенки втулки и происходит так называемый «задир» металла.

Таким образом, в результате теоретических исследований установлено, что на трудоемкость установки, расклинивания и несущую способность таких конструкций влияют различные конструктивные параметры, в том числе и технологические, такие как M и δ .

Для подтверждения теоретических предположений по определению конструктивных параметров распорного крепления были проведены экспериментальные исследования на несущую способность, а также на краевые условия плиты покрытия. Для этого в таких материалах несущих конструкций, как бетонных балках, плитах и кубиках размером $100 \times 100 \times 100$ мм, электроперфоратором сверлились отверстия на глубину, не превышающую $6d$ (где d – диаметр анкерного болта). При этом диаметр сверла равнялся диаметру распорного крепления.

Количество проведенных опытов определялось по общеизвестной методике (ГОСТ 11.004-74 Прикладная статистика). Для бетона теоретически количество испытаний равно $n \geq 7$, предварительные практические результаты показали, что количество испытаний равно 11. Принимаем количество испытаний, равное 11.

В процессе установки распорных креплений, особенно типа I, в отверстия, образованные в плитах и балках, наблюдалось такое явление, как увеличение нагрузки при забивке анкера. Это связано с тем, что при образовании отверстий в материалах высокой прочности, где прочность заполнителя значительно выше, чем прочность цементного камня, диаметр проходного отверстия меньше диаметра распорного крепления и стенки анкера при установке трутся о стенки отверстия.

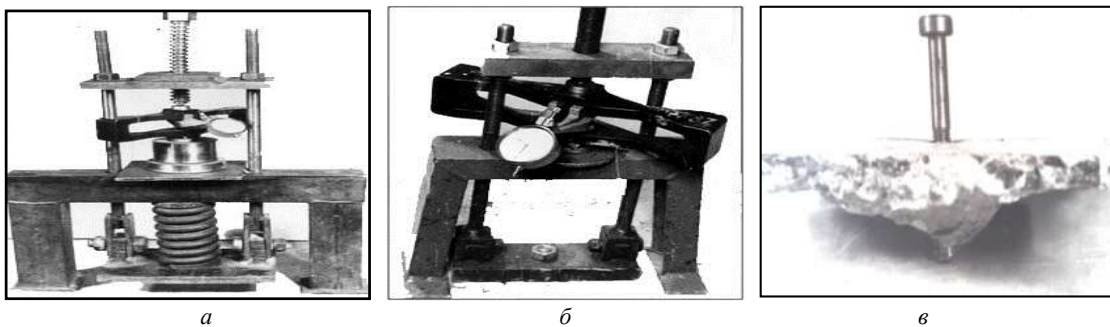


Рисунок 1 – Устройство для испытания анкерных болтов А.С.№1638385:
а – для построения тарировочного графика; б – испытание анкерных болтов типа I;
в – фрагмент экспериментального исследования

Нагружение образцов однократной статической нагрузкой осуществлялось с помощью устройства для испытания анкерных болтов и индикатора числового типа, а по тарировочному графику

определялась нагрузка на анкер. Для проведения испытания использовались разработанные в техпарке «Алтай» конструкции креплений типа I и IV, диаметром от М8 до М12.

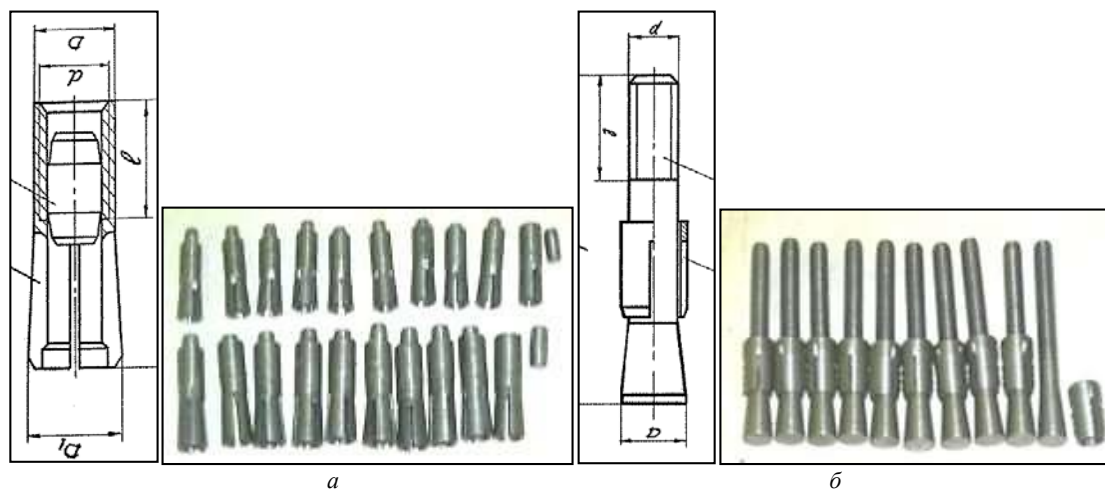


Рисунок 2 – Конструкции распорных креплений: а – тип I; б – тип IV

Результаты испытаний болтов представлены в табличной и графической форме.

Таблица 1

Результаты измерений (конструкция крепления диаметром М8)

№ п/п	Тип	Диаметр болта, мм	Показатели манометра	Нагрузка, т	Примечание
Испытание №1 (плита)					
1	I тип	8	1,5	0,872	Вырыв конуса
2			1,55	0,901	Вырыв конуса
3			1,6	0,930	Вырыв конуса
4			1,65	0,959	Вырыв конуса
5			1,70	0,988	Вырыв конуса
6			1,72	1,000	Треск, образование трещин
Испытание №2 (кубик)					
7	I тип	8	1,31	0,762	Треск, образование трещин
Испытание №3 (балка)					
8	I тип	8		0.000	При испыт. балки образ. трещ. (В15) не собл. краевые условия: должно быть 80 мм, у нас 50 мм
Испытание №4 (балка)					
9	I тип I тип	8	1,36	0,790	Вырыв конуса
10			1,4	0,814	Вырыв конуса
11		8	1,45	0,843	Вырыв конуса

На рис. 3 представлены результаты проведенных испытаний на несущую способность распорных креплений диаметром 8, 10 и 12 мм двух типов I и IV.

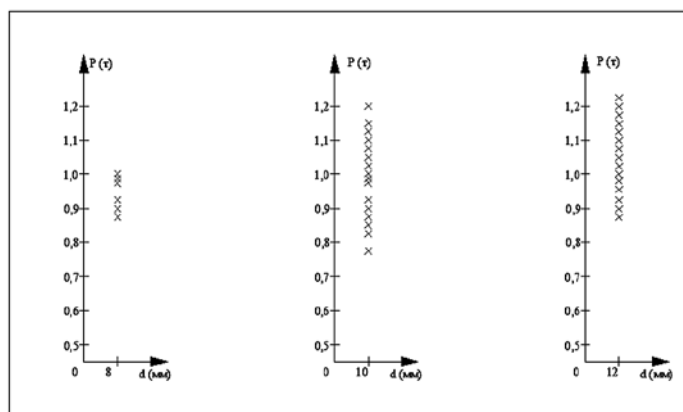


Рисунок 3 – График результатов проведенных испытаний распорных креплений диаметром 8, 10 и 12 мм конструкции типа I

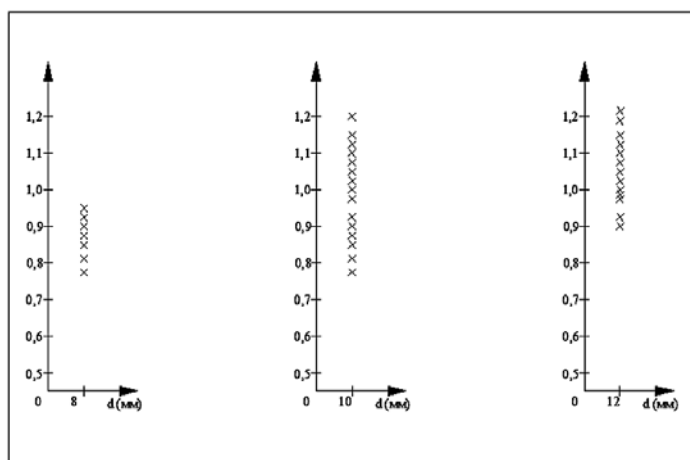
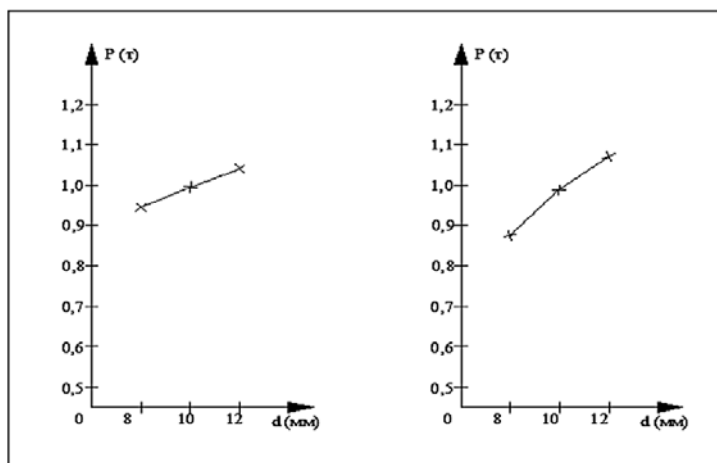


Рисунок 4 – График результатов проведенных испытаний распорных креплений диаметром 8, 10 и 12 мм конструкции типа IV



а

б

Рисунок 5 – График результатов проведенных испытаний распорных креплений по средним значениям: а – диаметр 8, 10 и 12 мм конструкции типа I; б – диаметр 8, 10 и 12 мм конструкции типа IV

Таким образом, экспериментальные исследования подтвердили, что несущая способность креплений изготовленные с параметрами, которые были определены в результате теоретических исследований, не ниже зарубежных аналогов и их можно применять при ведении монтажных работ.

Список литературы

1. А.С. 1070349, 01.10.1983 г. Распорный анкерный болт / Гольцев А.Г. Алексеенко П.П., Райков Е.И., Акимов Н.С.
2. А.С. 966339, 16.06.1982 г. Распорный анкерный болт / Гольцев А.Г. Алексеенко П.П., Райков Е.И., Акимов Н.С., Белов А.В.
3. Гольцев А.Г. Совершенствование технологии закрепления строительных элементов и оборудования на стенах и колоннах: Дисс. ... канд. техн. Наук. – М.: ВНИИМонтажспецстрой, 1984. – 205 с.
4. Гольцев А.Г., Третьяков В.В., Айтказина А.К. Разработка способов и средств монтажа конструкций распорными креплениями в сдвигустойчивых и сдвигодопускающих соединений: Монография. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ им. Д. Серикбаева, 2013. – 115 с.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 621.643

В.Ю. Чернавин, В.Г. Харинов, А.Г. Гольцев

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСПОРНЫХ КРЕПЛЕНИЙ С НЕСУЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ ИЗ БЕТОНА

В статье рассмотрены основные типы распорных креплений. Выявлена связь между конструктивными параметрами креплений при их установке и закреплении в бетоне. Определено влияние конструктивных параметров на надежность закрепления, несущую способность и трудоемкость установки.

Мақалада кергіш бекітудің негізгі түрлері қарастырылған. Бетонға бекіту және орнату кезінде бекітпелердің конструктивтік параметрлері арасындағы байланыс анықталды. Конструкциялық параметрлердің бекіту сенімділігіне, орнатудың көтергіш қабілетіне және еңбек сыйымдылығына әсері анықталды.

The article describes the main types of spacer mounts. The connection between the structural parameters of fasteners during their installation and fixing in concrete is revealed. The influence of design parameters on the reliability of fastening, bearing capacity and complexity of the installation is determined.

Ключевые слова: типы креплений, надежность закрепления, несущая способность, трудоемкость.

Проведенные аналитические исследования показывают, что в настоящее время к распорным конструкциям креплений предъявляются требования не только по надежности их закрепления и большой несущей способности, но и простоте их установки и эстетичности.

Трудоемкость выполнения процесса закрепления строительных элементов и оборудования на несущих конструкциях неразрывно связана с изменением уровня технологии (УТ) соотношением:

$$UT = T_n / T_{\phi} \times 100 \%$$

где T_n – нормативная трудоемкость выполнения работ; T_{ϕ} – фактическая трудоемкость. Из соотношения следует, что для повышения уровня технологии при ее неизменном нормативном значении необходимо снизить фактические затраты труда по закреплению. Снижение их достигается путем применения эффективных конструкций крепления и способов их установки. Как отмечалось

ранее, такими конструкциями являются самоанкерующиеся болты и дюбели. Проанализировав общую трудоемкость работ по закреплению, видно, что для ее снижения необходимо уменьшить затраты труда на выполнение каждой операции – образование отверстий, установку, расклинивание и затяжку креплений [1, 2, 3].

Для этого необходимо рассмотреть структуру работ, основные типы креплений и выявить связь между их конструктивными параметрами и их влияние на надежность закрепления, несущую способность и трудоемкость установки и закрепления.

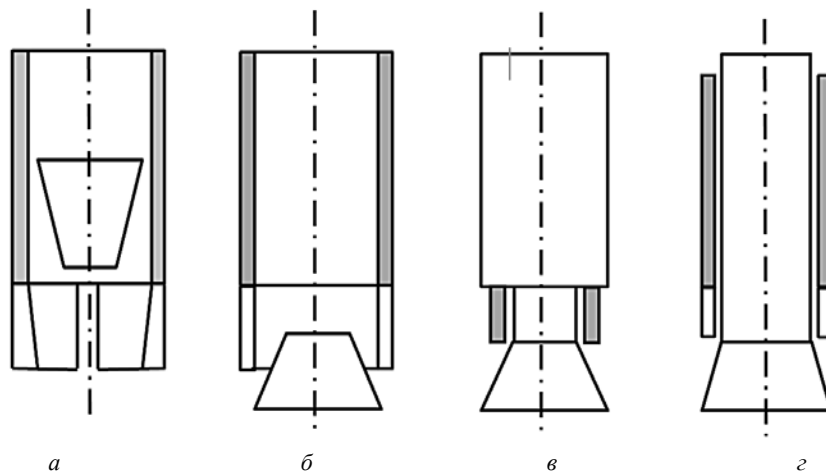


Рисунок 1 – Основные схемы креплений применяемых при закреплении элементов на несущих поверхностях:
а – тип I; б – тип II; в – тип III; г – тип IV

Проведенный анализ особенностей использования средств распорного типа позволил обоснованно выбрать из них 4 принципиально отличительные схемы. Зарубежный и отечественный опыт применения самоанкерующихся болтов и дюбелей разного диаметра резьбы показал, что при всем многообразии конструкций в основе разработки каждой из них лежит одна из 4-х основных принципиальных схем (рис. 1), остальные же отличаются повышенным количеством деталей (процесс образования отверстий не зависит от типа креплений и присущ для всех таких способов крепления, поэтому он будет рассмотрен ниже).

Рассмотрим процесс закрепления с использованием конструкции типа I.

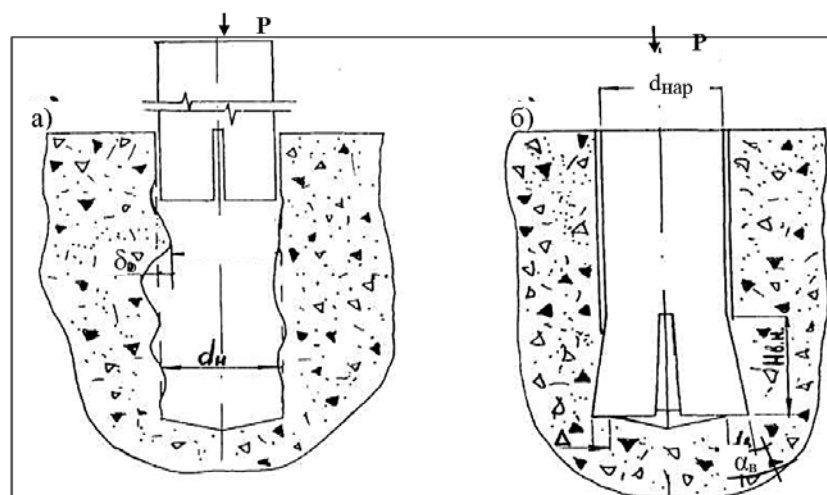


Рисунок 2 – Схема установки (а) и расклинивания (б) конструкции типа I

В процессе проведения исследований выяснилось, что на трудоемкость установки таких конструкций влияют различные факторы. Так, при образовании отверстий в различных материалах обнаружены неровности на стенках (выступы), образовавшиеся в результате отклонения фактического диаметра d_f по глубине сверления от номинального d_n . Обозначим величину этих выступов через δ_o (рис. 2, а). Эти отклонения уменьшают проходной диаметр d_{np} и для установки креплений необходимо приложить значительное усилие забивки, направленное на преодоление сил трения между корпусом и стенками отверстия и скалывание образовавшихся выступов, характеризующихся площадью скалывания S_δ . Если всё отверстие по длине разбить на бесконечно малые участки, в каждый из которых входило бы только одно отклонение δ_o , то общая трудоемкость установки крепления $T_{уст.о.}$ будет равняться сумме трудоемкостей, затраченных на преодоление каждого участка t_i . При этом трудоемкость t_i будет стремиться к нулю, при $S_\delta \rightarrow \min$. В свою очередь основными параметрами, влияющими на изменение S_δ , являются δ и d_n , с уменьшением которых снижается и t_i . При $li \rightarrow L$, $t_i \rightarrow T_{уст.о.}$. Таким образом показано, что на трудоемкость установки конструкции влияют δ , d_n и L . Наряду с этим, при скалывании выступов необходимо учитывать марку материала несущих конструкций, в которых производится образование отверстий.

Трудоемкость установки конструкций можно представить в виде зависимости:

$$T_{уст.о.} = \sum_{i=1}^n t_i, \quad (1)$$

где $t_i = f(M, l, \delta, d_n)$.

При расклинивании такой конструкции (рис. 2, б) необходимо вдавить стенки нижней части втулки в тело несущей конструкции на какую-то величину Δ . При этом необходимо приложить к стенкам усилие, превышающее прочность материала на смятие, которое характеризуется его маркой M , так как конструкции такого типа в своей нижней части выполнены с утолщением, постоянно меняющимся по длине и характеризующимся углом конусности α_v и высотой конусной части $h_{в.к.}$.

При расклинивании необходимо преодолеть силу трения, возникающую между распорной пробкой и стенками втулки. Величина ее зависит от $h_{р.л.}$ и $d_{р.л.}$. Существенное значение имеет соотношение углов конусности распорной части втулки и α_v и распорной пробки α_n . При $\alpha_v \gg \alpha_n$ вклинивание распорной пробки в стенки втулки и происходит так называемый «задир» металла.

Общая трудоемкость расклинивания $T_{раск.о.}$ равна сумме трудоемкостей по изгибу каждого лепестка $t_{i.изг.}$:

$$T_{раск.о.} = \sum_{i=1}^n t_{i.изг.}, \quad (2)$$

где n – количество лепестков, $t_{i.изг.} = f(\Delta, M, \alpha_v, h_{в.к.}, \delta_v, d_v, h_{р.л.}, d_{р.л.}, \alpha_n, f_{mp}^{CC})$.

Таким образом, в результате этих рассуждений установлено, что на трудоемкость установки и расклинивания таких конструкций влияют различные конструктивные параметры, в том числе и технологические, такие как M и δ .

Рассмотрим закрепление с использованием конструкции типа IV. Она забивается с незначительным расклиниванием ее в нижней части. Делается это для предотвращения смещения ее вдоль стенок отверстия при завинчивании гайки (рис. 3, а, б, в).

Трудоемкость установки конструкции складывается из затрат на преодоление трения между стенками цанги и отверстия, срез выступов и смятие материала под торцами лепестков:

$$T_{уст.о.} = \sum_{i=1}^n t_{i.mp} + n_{ti.см} + \sum_{i=1}^n t_{i.ср.}, \quad (3)$$

где $t_{i.ср.} = f(\delta, M, l, d_n)$, $t_{i.mp} = f(f_{тр.см}, h_u, l_u, d_n, M)$, $t_{ti.см} = f(M, \alpha_x, l_x, \delta_u)$.

Расклинивание производится при завинчивании гайки, аналогично конструктивной схеме III. При перемещении шпильки конический хвостовик взаимодействует с цангой и вдавливая ее в стенки отверстия на величину Δ (рис. 3, в). При этом трудоемкость расклинивания $T_{р.о.}$ состоит из трудоемкостей на смятие материала под лепестками цанг $T_{см}$ и на преодоление трения между цангой и поверхностью хвостовика T_{mp}^x .

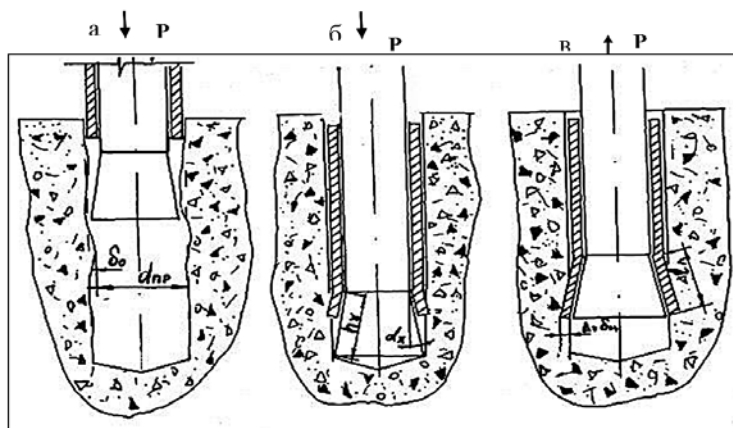


Рисунок 3 – Схема установки: а – расклинивания; б и в – затяжки крепления типа IV

$$T_{cm} = \sum_{i=1}^n t_{i,cm}, \quad (4)$$

где $t_{i,cm} = f(M, \alpha_x, h_x, l_b, \delta_u)$; $T_{mp}^x = \sum_{i=1}^n t = f(f, h, \alpha)$, тогда $T_{p.o.} = f(M, \alpha_x, h_x, l_b, f_{mp.c.}, \delta_u)$.

Таким образом, анализ основных конструктивных схем креплений по критерию трудоемкости выполнения операций показал, что трудоемкость выполнения любой операции функционально зависит от конструктивных параметров креплений и технологических параметров f_{mp} , δ и M .

Создание высокоэффективного производства позволит строительным компаниям нашего региона закупать продукцию у изготовителя и не зависеть от сроков, количества, ассортимента ввозимых в республику креплений распорного назначения, что в данное время для финансовой нестабильности наиболее важно.

Список литературы

1. А.С. 1070349, 01.10.1983 г. Распорный анкерный болт / Гольцев А.Г. Алексеенко П.П., Райков Е.И., Акимов Н.С.
2. А.С. 966339, 16.06.1982 г. Распорный анкерный болт / Гольцев А.Г. Алексеенко П.П., Райков Е.И., Акимов Н.С., Белов А.В.
3. Гольцев А.Г., Третьяков В.В., Айтказина А.К. Разработка способов и средств монтажа конструкций распорными креплениями в сдвигоустойчивых и сдвигодопускающих соединениях: Монография. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ им. Д. Серикбаева, 2013. – 115 с.

Получено 07.02.2020

МРНТИ 29.19.16

В.М. Юров, С.А. Гученко, В.Ч. Лауринас, С.С. Касымов, О.Н. Завацкая
Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, г. Караганда

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ Ti-Cu

В настоящей работе использовались катоды Ti и Cu. Покрытия наносились на стальные образцы ионно-плазменным методом на вакуумной установке ННВ-6.6И1 при одновременном распылении указанных выше катодов. Создавались многослойные покрытия следующим образом: в течение 2 минут наносился Ti, затем в течение 2 минут Ti+Cu. Всего наносилось 100 слоев в атмосфере аргона и азота. Синтезированные нами Ti-Cu-N покрытия обладали твердостью со средним значением

до 32 ГПа, модулем упругости 400-550 ГПа, степенью упругого восстановления 0,69 и индексом пластичности около 0,15, что по совокупности параметров является одним из лучших примеров среди известных упрочняющих покрытий.

Бұл жұмыста *Ti* және *Cu* катодтары қолданылды. Қаптамалар болат үлгілеріне HNB-6.6I1 вакуумды қондырғысымен ион-плазмалық әдіспен жоғарыда көрсетілген катодтарды бір уақытта булануы арқылы қапталды. Көп қабатты жабындар келесідей жасалды: 2 минут бойы *Ti*, содан кейін 2 минут ішінде *Ti+Cu* қапталды. Аргон мен азот атмосферасында барлығы 100 қабат шекті. Біз синтездеген *Ti-Cu-N* жабындылары 32 ГПа орташа мәніне ие 400-550 ГПа серпімді модулі, 0.69 серпімді қалпына келтіру дәрежесі және пластикалық индексі шамамен 0.15 болатын қаттылыққа ие болды, параметрлердің жиынтығы бойынша бізге белгілі беріктендіргіш жабындардың ішіндегі ең жақсы мысалы болып табылады.

In this work, we used the cathodes Ti and Cu. The coatings were deposited on the steel samples by the ion-plasma method on the HNB-6.6I1 vacuum unit while simultaneously spraying the above cathodes. Multi-layer coatings were created as follows: Ti was applied for 2 minutes, then Ti + Cu for 2 minutes. A total of 100 layers were applied in an atmosphere of argon and nitrogen. The Ti-Cu-N coatings synthesized by us possessed hardness with an average value of up to 32 GPa, an elastic modulus of 400-550 GPa, a degree of elastic recovery of 0.69, and a plasticity index of about 0.15, which in terms of parameters is one of the best examples among the well-known hardening coatings.

Ключевые слова: многослойные покрытия, твердость, пластичность, трение, износостойкость.

По данным журнала International Manufacturing Technology (Канада) мировыми лидерами в области PVD покрытий являются – Hauzer techno coating (Голландия) и Inficon (объединение компаний Balzers, Leybold, Pfiffer и Us Inficon). Стоимость оборудования таких компаний составляет \$1,2-1,45 млн. (немецкая установка CC800 – \$1,2 млн., японская UBMS-707 компании Kobe Steel Co. – \$1,45 млн, голландская HTC-1000 – \$1,2 млн.), причем коррозионно-стойкие покрытия формируются с помощью создания гальваническим способом подслоя перед нанесением PVD покрытия. Сегодняшняя доля этих компаний в странах ЕС – 38 %. Согласно исследованиям компании Trykor Inc (США) для значительного роста рынка заменителей гальванотехнологий необходимо снизить в 2 раза стоимость PVD оборудования. Цена оборудования для нанесения PVD защитно-декоративных покрытий компании "Elan-Praktik" (Россия) – \$0,6 млн.

Стоимость нашей программно-управляемой вакуумной установки, содержащей оригинальный плазмогенератор для очистки и азотирования деталей, оригинальную магнетронную распылительную систему с медными мишенями и два дуговых испарителя с титановыми катодами, не превышает \$0,14 млн. Наряду с низкой стоимостью нашей установки, мы можем получать и дешевые покрытия за счет одновременного распыления разных катодов и их многослойного чередования. Этому и посвящена настоящая работа.

В настоящей работе использовались катоды *Ti* и *Cu*. Покрытия наносились на стальные образцы ионно-плазменным методом на вакуумной установке HNB-6.6I1 при одновременном распылении указанных выше катодов. Создавались многослойные покрытия следующим образом: в течение 2 минут наносился *Ti*, затем в течение 2 минут *Ti+Cu*. Всего наносилось 100 слоев в атмосфере аргона и азота.

Электронно-микроскопическое исследование (РЭМ) было проведено на растровом электронном микроскопе MIRA 3 фирмы TESCAN. Исследования проводились при ускоряющем напряжении 20 кВ и рабочем расстоянии около 15 мм. Для каждого образца было сделано по 4 снимка с 4 точек поверхности при разных увеличениях: 245 крат, 1060 крат, 4500 крат и 14600 крат. Также проведен энергодисперсионный анализ (РФЭС) в 4 точках поверхности каждого образца. Оптическая микроструктура исследовалась на металлографическом микроскопе Эпиквант, а в наномасштабе - на атомно-силовом микроскопе NT-206. Исследование микротвердости покрытий проводилось на микротвердомере HVS-1000A. Трибологические исследования проводились на установке, описанной в работе [1].

На рис. 1 показано РЭМ-изображение многослойного покрытия *Ti/Ti+Cu*, на рис. 2 – многослойная карта ЭДС, на рис. 3 – спектр РФЭС.

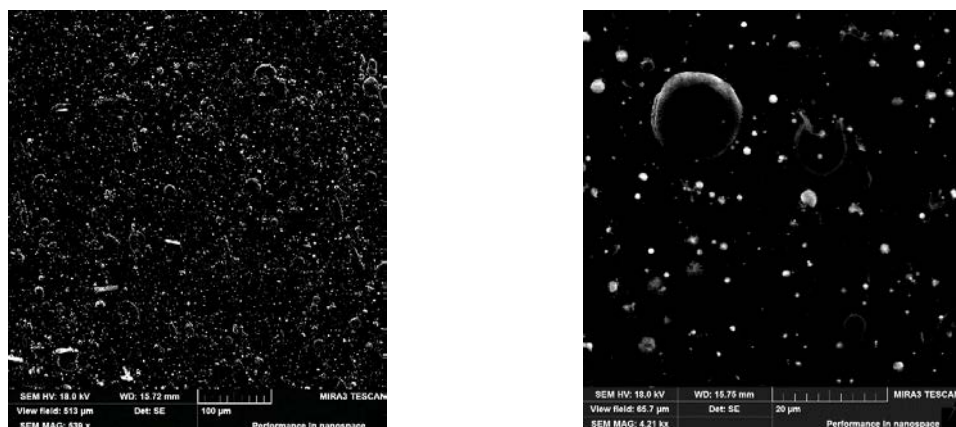


Рисунок 1 – РЭМ- изображения Ti/Ti+Cu при 2-х увеличениях

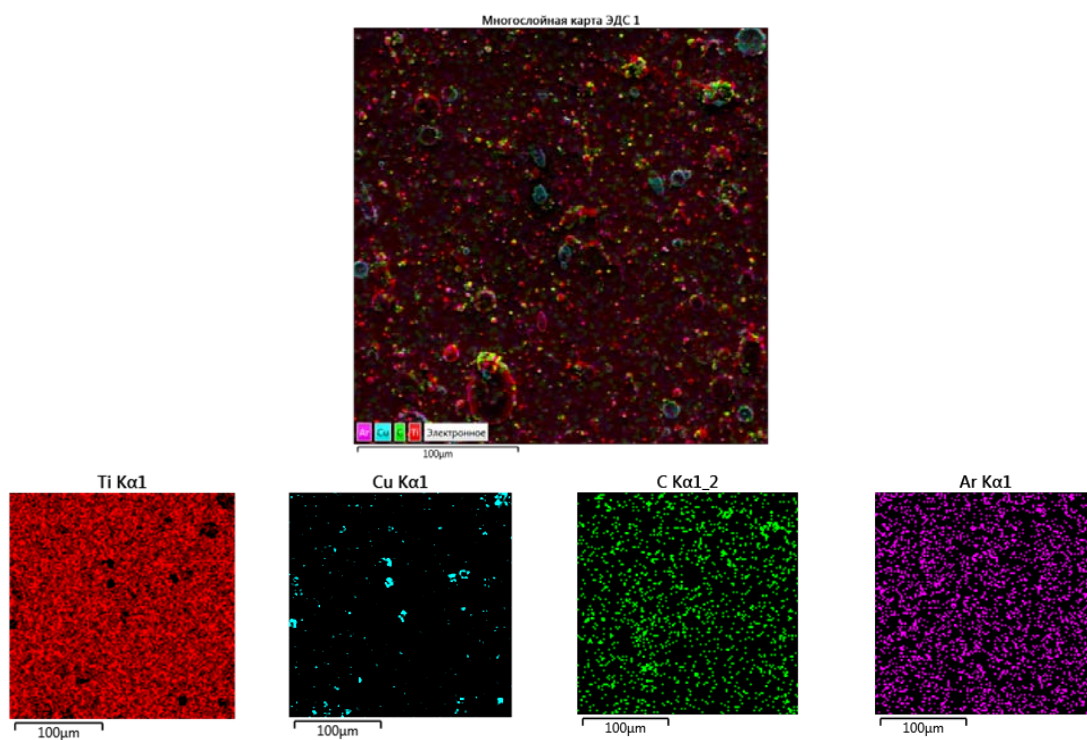


Рисунок 2 – Многослойная карта ЭДС

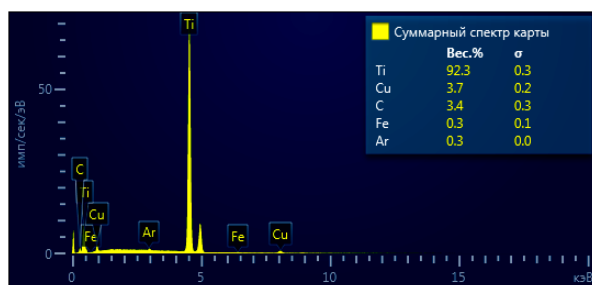


Рисунок 3 – Спектр РФЭС покрытия Ti/Ti+Cu

На рис. 4 показано РЭМ-изображение многослойного покрытия $\text{TiN}/(\text{Ti}+\text{Cu})\text{N}$, на рис. 5 – многослойная карта ЭДС, на рис. 6 – спектр РФЭС

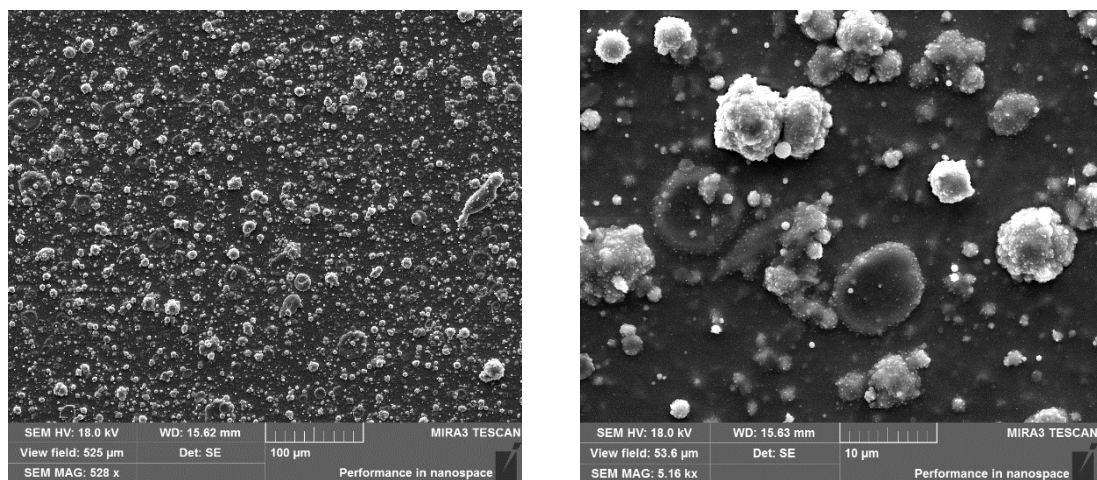


Рисунок 4 – РЭМ-изображения $\text{TiN}/(\text{Ti}+\text{Cu})\text{N}$ при 2-х увеличениях

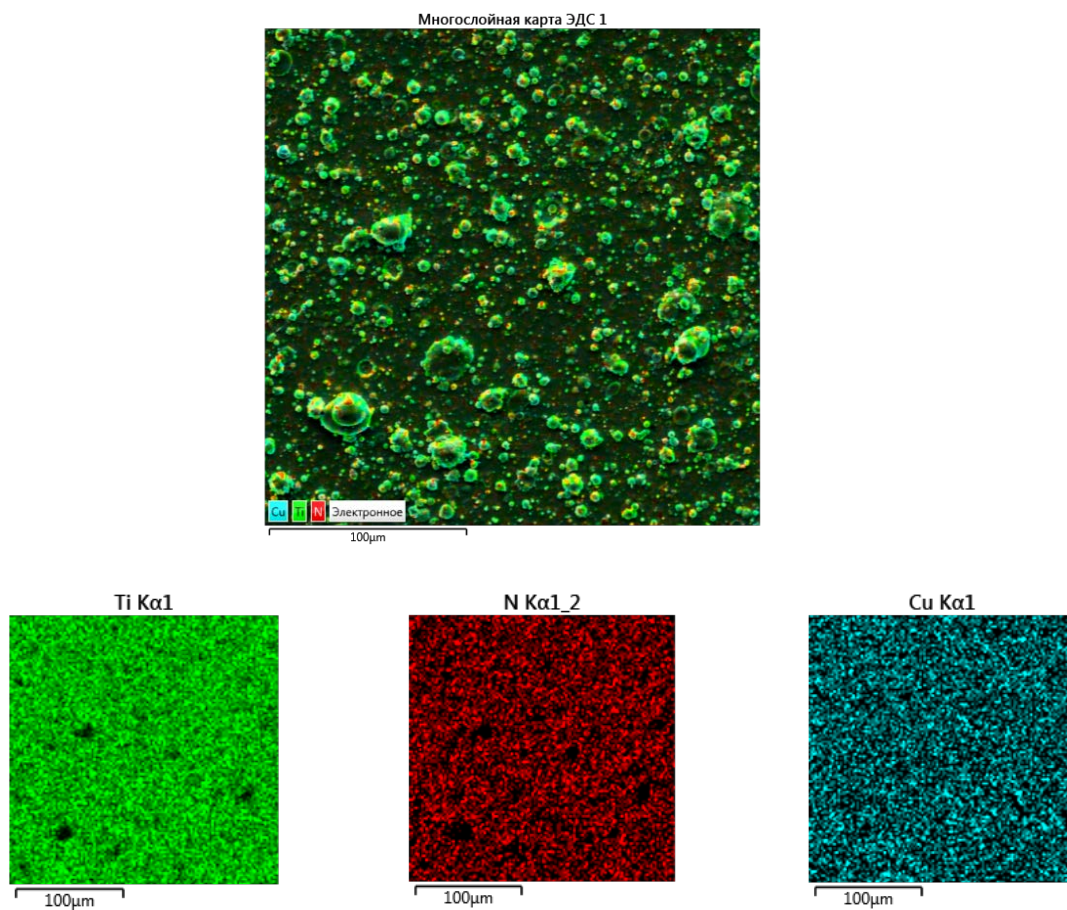


Рисунок 5 – Многослойная карта ЭДС

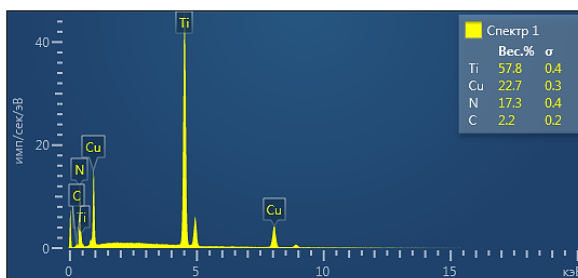


Рисунок 6 – Спектр РФЭС покрытия TiN/(Ti+Cu)N

Результаты измерения микротвердости Ti+(Ti+Cu) в аргоне и TiN+(Ti+Cu)N в азоте представлены в табл. 1, оптические изображения на рис. 9 и 10.

Таблица 1

Микротвердость Ti+(Ti+Cu) в аргоне и TiN+(Ti+Cu)N в азоте

покрытие	HV0.1	HV0.025	HV0.01
Ti+(Ti+Cu)	499,4	539,9	559,8
TiN+(Ti+Cu)N	2288,2	2828,5	3227,3

Среднее $\mu = 2781$ HV в азоте в 5 раз больше, чем в аргоне $\mu = 533$ HV.

Результаты измерения коэффициента трения Ti+(Ti+Cu) в аргоне и TiN+(Ti+Cu)N в азоте представлены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициент трения покрытий Ti+(Ti+Cu) в аргоне и TiN+(Ti+Cu)N в азоте

покрытие	μ_1	μ_2	μ_{cp}
без покрытия	0,154	0,148	0,151
Ti+(Ti+Cu)	0,247	0,220	0,234
TiN+(Ti+Cu)N	0,306	0,310	0,308

Обсудим теперь результаты исследований, учитывая и данные предыдущих изысканий [2-5].

Варьируя током разряда плазменного источника «ПИНК» и потенциалом подложки, можно регулировать концентрацию плазмы, плотность ионного тока на подложку, энергию ионов, поступающих на подложку, что позволяет стравливать поверхностные слои материала требуемой толщины и получать необходимые характеристики его поверхности (твердость, шероховатость) на этапе очистки, нагрева и активации перед напылением покрытия. Полученные данные скорости стравливания нержавеющей стали в аргоновой плазме несамостоятельного дугового разряда в зависимости от параметров плазмы можно также использовать для оптимизации процесса травления подложек в качестве независимого финишного процесса ионно-плазменной обработки.

При этом формируется беспористое покрытие (без внедрения атомов газа), а непрерывная бомбардировка растущего покрытия низкоэнергетическими ионами рабочего газа позволяет удалять с поверхности адсорбированный остаточный газ и измельчать размер кристаллитов растущего покрытия.

Твердость TiN покрытия составляет 23 ГПа, что ниже твердости многослойного покрытия Ti-Cu-N (табл. 1). Степень упругого восстановления Ti-Cu-N покрытий выше, чем у TiN покрытий в ≈ 2 раза.

Для сопротивления абразивному и адгезионному изнашиванию покрытия должны иметь высокую твердость и высокое значение упругого восстановления, что особенно важно в условиях ударных, абразивных и эрозионных воздействий. Такая величина, как H/E, характеризующая стабильность материала к упругой деформации разрушения и названная индексом пластичности, может использоваться для оценки износостойкости покрытий. Индекс пластичности H/E у сверх-

твердых покрытий должен быть равен $\approx 0,1$ и более. Для этого у покрытия с высокой твердостью H должен быть относительно низкий модуль упругости E .

Синтезированные нами Ti-Cu-N покрытия обладали твердостью со средним значением до 32 ГПа, модулем упругости 400-550 ГПа, степенью упругого восстановления 0,69 и индексом пластичности около 0,15, что по совокупности параметров является одним из лучших примеров среди известных упрочняющих покрытий.

Результаты трибологических исследований (табл. 2) показали, что Ti-Cu-N покрытие, осажденное по оптимальному режиму вакуумно-дугового испарения композиционного Ti-Cu катода с плазменным ассистированием на твердую подложку, обладает низким коэффициентом трения, среднее значение которого $\mu = 0,31$. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа, приведенные на рис. 6, подтверждают наличие меди в исследуемом покрытии. Поэтому можно сделать предположение, что медь, не образуя собственной кристаллической фазы и не находясь в кристаллической решетке других фаз, расположена на границах кристаллитов в аморфном состоянии. Время, за которое атомы меди образуют вокруг растущего кристаллита TiN замкнутую оболочку, определяет время роста кристаллита, а соответственно и его размер.

Результаты исследований структурно-фазовых, трибологических и физико-механических характеристик при высоких значениях температур подтвердили, что многослойные нитридные Ti-Cu-N покрытия можно использовать как износостойкие для защиты изделий из твердого сплава в диапазоне температур 25-700 °С. При температурах выше 700 °С структура и свойства защитного слоя претерпевают изменения, покрытие деградирует и не выполняет защитных функций. Многокомпонентные сверхтвердые (≥ 30 ГПа) покрытия (1-5 мкм) с нанокристаллической структурой на основе нитрида титана, такие как Ti-Cu-N, могут быть использованы для защиты деталей, инструмента и других изделий от преждевременного износа. Осаждения такого рода покрытий увеличивает эксплуатационные свойства изделий: износостойкость, срок службы и т.д.

Таким образом, нанесение износостойкого Ti-Cu-N покрытия, как монослойного, так и в составе двух- или многослойного, гарантирует кратное увеличение износостойкости деталей и изделий из быстрорежущих сталей, твердых сплавов и композитов. Полученные результаты подтверждают, что Ti-Cu-N покрытия могут быть использованы для увеличения эксплуатационных характеристик деталей и изделий в машиностроении, металлообрабатывающей и инструментальной промышленности и др.

Таким образом, в работе показано, что добавление элемента меди с концентрацией до 12 ат. % в покрытие на основе титана позволяет получать вакуумно-дуговым плазменно-ассистированным методом многослойные нитридные покрытия состава Ti-Cu-N с нанокристаллической структурой, где кристаллиты TiN со средним размером ≈ 20 нм окружены аморфным слоем меди толщиной 2-3 монослоя.

Работа выполнена по программе МОН РК. Гранты № 0118PK000063 и № Ф.0780.

Список литературы

1. Колесников В.А., Байсагов Я.Ж., Юров В.М. Информационно-измерительный прибор для определения коэффициента трения скольжения // *Фундаментальные исследования*, 2011. – №12. – С. 121-124.
2. Юров В.М., Лауринас В.Ч., Гученко С.А. Некоторые вопросы физики прочности металлических наноструктур // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2013. – Вып. 5. – С. 408-412.
3. Andreasen K.P., Jensen T., Petersen J.H., Chevallier J., Bottiger J., Schell N. The structure and the corresponding mechanical properties of magnetron sputtered TiN-Cu nanocomposites // *Surface and Coatings Technology*. – 2004. – V. 182. – P. 268–275.
4. Zhang L., Ma G.J., Lin G.Q., Han K.C., Ma H. Synthesis of Cu doped TiN composite films deposited by pulsed bias arc ion plating // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research: B*. – 2014. – V. 320. – P. 17–21.
5. Крысина О.В. Генерация газометаллической плазмы в дуговых разрядах низкого давления для синтеза многокомпонентных нанокристаллических защитных покрытий. – Дис. канд. тех. наук. – Томск, 2016. – 192 с.

Получено 07.02.2020

МАЗМҰНЫ

ЖЕР ТУРАЛЫ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ
ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР

<i>Амралинова Б.Б., Портнов В.С., Амангелдіқызы А.</i> , Қарағанды көмір бассейнінің көмірлерінде Ge жинақтауының жолдары	3
<i>Байтлесова Л.И., Завадская Л.Н., Кенесарина К.Х.</i> Батыс Қазақстан облысындағы биоалуантүрлікті зерттеу және сақтау мәселелері (мысал ретінде Орал қаласының Зеленов ауданы аумағы)	10
<i>Жадыкова Б.Е., Егорина А.В., Кайсина М.И.</i> «Бакыршық тау-кен өндіру кәсіпорны» ЖШС аумағы шегінде Қызылсу өзені бассейнінің экологиялық жағдайын талдау	13
<i>Жаманбаева М.К., Муздыбаева Ш.А., Букунова А.Ш., Сарсенбекова Г.А.</i> Табиғи материал – монтмориллонитте ауыр металдар (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+}) иондарын бекіту ерекшеліктері	19
<i>Зацерковный В.И., Пличко Л.В., Амралинова Б.Б.</i> ГАЖ және ЖКЗ құралдарымен жер үсті сулары сапасының жағдайын бағалау және болжау математикалық модельдері	25
<i>Зейтинова Ш.Б., Акпаров Т.О., Барсуков С.В.</i> «Тентек» кенішінде клеттік окпандардың құрылысы бойынша жұмыс жүргізу тәжірибелері	32
<i>Иванов Б.И.</i> Шығыс Қазақстан облысы Шемонаиха ауданының аумағында электр магниттік толқындардың таралуына жергілікті жердің физикалық-географиялық жағдайларының әсері	38
<i>Идришева Ж.К., Ермуханова Н.Б., Самонин В.В., Керимбекова З.М., Танжарыков П.А.</i> Құрамында ауыр металдар мен радионуклидтер бар топырақты детоксикациялау әдістерін әзірлеу	43
<i>Ихсанова С.А., Бегайдарова К.Д.</i> Батыс Қазақстан облысында көлтабандардың ұзақ мерзімді пайдаланылуын талдау	49
<i>Ихсанов К.А., Калешева Г.Е., Губайдуллин К.Ж., Ким А.В.</i> Жоғары тұтқырлы мұнай өндіру кезінде ұңғымалардың өнімділігін арттыруға арналған гидросокқылы құрылғының құрылымын жетілдіру	52
<i>Колпакова В.П., Еремеева Ю.Н., Анапьянова С.Б.</i> Д. Серікбаев ат. ШҚМТУ мысалында суды үнемдеу және суды рециркуляциялау бойынша іс-шаралар	56
<i>Рахымбердина М.Е., Амралинова Б.Б., Тогузова М.М., Касымов Д.К., Токтарбаева М.К.</i> «Секисовское» кен орнының қалдық қоймасы мен карьерінің отырымдылықтары мен жылжуларын кейінгі де-	

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ
И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Амралинова Б.Б., Портнов В.С., Амангелдіқызы А.</i> , Пути накопления Ge в углях Карагандинского угольного бассейна	3
<i>Байтлесова Л.И., Завадская Л.Н., Кенесарина К.Х.</i> Проблемы изучения и сохранения биоразнообразия Западно-Казахстанской области (на примере Зеленовского района и окрестностей города Уральска)	10
<i>Жадыкова Б.Е., Егорина А.В., Кайсина М.И.</i> Анализ экологического состояния бассейна реки Кызылсу в пределах ТОО «Бакырчикского горнодобывающего предприятия»	13
<i>Жаманбаева М.К., Муздыбаева Ш.А., Букунова А.Ш., Сарсенбекова Г.А.</i> Особенности фиксации ионов тяжелых металлов (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+}) на природном материале – монтмориллоните	19
<i>Зацерковный В.И., Пличко Л.В., Амралинова Б.Б.</i> Математические модели оценки и прогнозирования состояния качества поверхностных вод средствами ГИС и ДЗЗ	25
<i>Зейтинова Ш.Б., Акпаров Т.О., Барсуков С.В.</i> Опыт проведения работ по строительству клетового ствола шахты «Тентекская»	32
<i>Иванов Б.И.</i> Влияние физико-географических условий местности на распространение электромагнитных волн на территории Шемонаихинского района Восточно-Казахстанской области	38
<i>Идришева Ж.К., Ермуханова Н.Б., Самонин В.В., Керимбекова З.М., Танжарыков П.А.</i> Разработка методов детоксикации почв, содержащих тяжелые металлы и радионуклиды	43
<i>Ихсанова С.А., Бегайдарова К.Д.</i> Анализ многолетнего использования лиманов в Западно-Казахстанской области	49
<i>Ихсанов К.А., Калешева Г.Е., Губайдуллин К.Ж., Ким А.В.</i> Совершенствование конструкции гидроударного устройства для увеличения производительности скважины при добыче высоковязких нефтей	52
<i>Колпакова В.П., Еремеева Ю.Н., Анапьянова С.Б.</i> Мероприятия по водосбережению и рециркуляции воды на примере ВКГТУ им. Д. Серикбаева	56
<i>Рахымбердина М.Е., Амралинова Б.Б., Тогузова М.М., Касымов Д.К., Токтарбаева М.К.</i> Изучение осадков и смешенный хвостохранилища и карьера месторождения «Секисовское» как основа для	

формацияны болжау үшін негіз ретінде зерттеу	60	последующего прогнозирования деформаций	60
Сапаров Қ.Т., Сергеева А.М., Көшім Ә.Ф. Этномәдени туризм нарығын қалыптастырудың шетелдік тәжірибесін талдау	64	Сапаров Қ.Т., Сергеева А.М., Көшім Ә.Ф. Анализ иностранного опыта развития рынка этнокультурного туризма	64
Сергеева А.М., Көшім Ә.Ф., Сапаров Қ.Т. Аймақтың туристік брендін рекреациялық-географиялық тұрғыдан зерттеу (Ақтөбе және Маңғыстау облыстары мысалында)	70	Сергеева А.М., Көшім Ә.Ф., Сапаров Қ.Т. Рекреационно-географические исследование при создании бренда региона (на примере Актюбинской и Мангистауской области)	70
Тарасенко Г.В. Тұран плитасының батыс бөлігінің мобилизм тұрғысынан тектоникасы	76	Тарасенко Г.В. Тектоника западной части Туранской плиты с позиций мобилизма	76
Феоктистова Е.А., Иноземцева Т.А., Наумова В.И. Шығыс Қазақстанның тарихи қалаларының мәдени ландшафтының құрылымы: даму үрдістері мен кезеңдері	79	Феоктистова Е.А., Иноземцева Т.А., Наумова В.И. Структура культурного ландшафта исторических городов Восточного Казахстана: этапы и тенденции развития	79
Шапошник С.Н., Шапошник Ю.Н., Крупник Л.А., Нуршайыкова Г.Т. «Криолитозондағы тау қазбаларында шашыранды бекітпені қолданудың тиімділігін негіздеу»	84	Шапошник С.Н., Шапошник Ю.Н., Крупник Л.А., Нуршайыкова Г.Т. Обоснование эффективности применения набрызгбетонной крепи горных выработок в криолитозоне	84

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Асылқанов Е.Е., Гольцев А.Г., Чернавин В.Ю. BIM-технологияларды пайдалану кезінде объектілер құрылысының сапасын басқару	90
Бакытбекова Н.Б., Прохоренкова Н.В. Жылу шығындарын кәдеге жарату арқылы қазандықтың энергия тиімділігін арттыру	93
Вдовин В.Н. Логистикадағы жүк ағындарын бағыттау	98
Гайсина З.С., Гольцев А.Г., Чернавин В.Ю. Өндірістік ғимараттар мен құрылыстардың өнеркәсіптік қауіпсіздігі саласында BIM-технологияларын енгізу	103
Гольцев А.Г., Иналаков Т.Т., Хасенов К.Б. Екі сәулелі лазерлік құралмен құрылыс конструкцияларын тексеру	106
Дудкин М.В., Елемес Д.Е., Серікқазы М.С. Қосымша қоздырғыш элементтермен діріл електің ұтымды режимдерін негіздеу	111
Егоров А.А. ІЖҚ нақты цикліндегі коспаның тұтану процесінің термодинамикасы	118
Жусупбеков А.Ж., Шакирова Н.У. Екі әдісті пайдалана отырып, бұрғы қабаттарының бүтіндігін тексеру: төмен жүктеме және ұңғымааралық дефектоскопия кезіндегі шағылысқан толқын әдісі	109
Иноземцева Т.А., Герасименко В.Е., Феоктистова Е.А. Қоғамдық және өндірістік мақсаттағы нысандарды тұрғын функцияға бейімдеу аспектілері	123

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ

Асылқанов Е.Е., Гольцев А.Г., Чернавин В.Ю. Управление качеством строительства объектов при использовании BIM-технологий	90
Бакытбекова Н.Б., Прохоренкова Н.В. Повышение энергоэффективности котельной путем утилизации тепловых потерь	93
Вдовин В.Н. Маршрутизация грузопотоков в логистике	98
Гайсина З.С., Гольцев А.Г., Чернавин В.Ю. Внедрение BIM-технологий в сфере промышленной безопасности производственных зданий и сооружений	103
Гольцев А.Г., Иналаков Т.Т., Хасенов К.Б. Выверка строительных конструкций двухлучевым лазерным прибором	106
Дудкин М.В., Елемес Д.Е., Серікқазы М.С. Обоснование рациональных режимов вибрационного сита с дополнительными элементами возбудителя	111
Егоров А.А. Термодинамика процесса воспламенения смеси в реальном цикле ДВС	118
Жусупбеков А.Ж., Шакирова Н.У. Проверка сплошности буронабивных свай с использованием двух методов: метод отраженной волны при низкой нагрузке и межскважинной дефектоскопии	109
Иноземцева Т.А., Герасименко В.Е., Феоктистова Е.А. Аспекты адаптации объектов общественного и производственного назначения под жилую функцию	123

Кабикенов С.Ж., Макенов А.А., Жаркенов Н.Б., Майшин А.Н. Қазақстан Республикасындағы таумен өндірісі кәсіпорындарындағы қолданыстағы техникалық қызмет көрсету жүйесін сараптау	133	Кабикенов С.Ж., Макенов А.А., Жаркенов Н.Б., Майшин А.Н. Анализ действующей системы технического обслуживания горных предприятий Республики Казахстан	133
Кадыров А.С., Аманбаев С.Ш., Балабекова К.Г. Мобильді жол өтпесінің тіреулерінің мүмкін құрылымы және есептемесі	136	Кадыров А.С., Аманбаев С.Ш., Балабекова К.Г. Возможные конструкции опор мобильного путепровода и их расчет	136
Калиев Б.К., Исинтаев Т.И., Гриценко А.В., Бурцев А.Ю., Горбачев А.А. Іштен жанатын дизельді қозғалтқыштардың турбокомпрессорының майлау жүйесін зерттеу	141	Калиев Б.К., Исинтаев Т.И., Гриценко А.В., Бурцев А.Ю., Горбачев А.А. Исследования системы смазки турбокомпрессора дизельных двигателей внутреннего сгорания	141
Келаманов Б.С., Жумағалиев Е.У., Самуратов Е.К., Акуев А.М., Әбдірашит А.М. Термодинамикалық-диаграммалық талдау әдісімен Fe-Si-Al-C жүйесін зерттеу	146	Келаманов Б.С., Жумағалиев Е.У., Самуратов Е.К., Акуев А.М., Әбдірашит А.М. Исследование системы Fe-Si-Al-C методом термодинамически-диаграммного анализа	146
Кулакова Е.А., Сулейменов Б.А., Смолаж А. Риттенгер жылдам гипотезасы негізінде хром кенін бөліктеу процесін модельдеу	152	Кулакова Е.А., Сулейменов Б.А., Смолаж А. Моделирование процесса отсадки хромовой руды на основе скоростной гипотезы риттенгера	152
Млынчак М., Дудкин М.В., Ким А.И., Дудкина Е.Л., Хон Н.В. «Қысқы уақытта жолдар мен тротуарларды тазалауға арналған механикаландырылған кешен» АР05130653 жобасы нәтижелерінің экономикалық тиімділігін анықтау	157	Млынчак М., Дудкин М.В., Ким А.И., Дудкина Е.Л., Хон Н.В. Определение экономической эффективности результатов проекта АР05130653 «Механизированный комплекс для очистки дорог и тротуаров в зимнее время»	157
Наумова В.И., Супроненко Н.Н., Феоктистова Е.А. Аддитивті технологияларды қолдану арқылы балалар кешендерін жобалау ерекшеліктері	163	Наумова В.И., Супроненко Н.Н., Феоктистова Е.А. Особенности проектирования детских комплексов с применением аддитивных технологий	163
Наумова В.И., Феоктистова Е.А., Иноземцева Т.А. Сәулет кеңістігінің энергия ақпараттық жүйесін қалыптастыру ерекшеліктері	168	Наумова В.И., Феоктистова Е.А., Иноземцева Т.А. Особенности формообразования энергоинформационной системы архитектурного пространства	168
Пшембаев М.К. Автокөлік жолдарының бетон жабындарының коррозиялық зақымдану сипаты және қорғаудың жаңа тәсілдері	172	Пшембаев М.К. Характер коррозионных повреждений бетонных покрытий автомобильных дорог и новые способы защиты	172
Пшембаев М.К., Ковалев Я.Н., Яглов В.Н. Нанобөлшектердің қатысуымен цементті гидраттау және катаю процестерінің ерекшеліктері	175	Пшембаев М.К., Ковалев Я.Н., Яглов В.Н. Особенности процессов гидратации и твердения цемента в присутствии наночастиц	175
Рахметулаева С.Б., Қуанышбек М. Нейрокомпьютерлік интерфейс негізінде ми сигналдарын өңдеу әдістері	184	Рахметулаева С.Б., Қуанышбек М. Методы обработки сигналов мозга на основе нейрокомпьютерного интерфейса	184
Ревуцкий А.В., Сырнев Б.В., Семилуцкая О.В. Күйдірілген бериллий сапасына вакуумды ыстық престеу процесінің технологиялық регламентінің әсері	186	Ревуцкий А.В., Сырнев Б.В., Семилуцкая О.В. Влияние технологического регламента процесса вакуумного горячего прессования на качество спеченного бериллия	186
Савельев А.Г., Дудкин М.В., Ким А.И., Орынбасаров А.С., Mlynczak M. Қысқы пайдалану жағдайларында автогрейдердің жұмыс жабдығының металл конструкциясының сенімділігін арттыру әдісі	190	Савельев А.Г., Дудкин М.В., Ким А.И., Орынбасаров А.С., Mlynczak M. Метод повышения надежности металлоконструкции рабочего оборудования автогрейдера в зимних условиях эксплуатации	190
Советбекова М.Б., Кабдрахимова Г.Д., Оралбай А. Нейтронды байытылған жаңа ядролардың толық реакция қимасын зерттеу	196	Советбекова М.Б., Кабдрахимова Г.Д., Оралбай А. Исследование сечения полной реакции новых нейтронных обогащенных ядер	196

Токтарбаева Г.М., Алпысбаев С.К., Рахадиллов Б.К., Сатбаева З.А., Жапарова М.С. 40хн болаттың құрылымы мен қасиеттеріне беттің электролиттік-плазмалық беріктігінің әсері	200	Токтарбаева Г.М., Алпысбаев С.К., Рахадиллов Б.К., Сатбаева З.А., Жапарова М.С. Влияние электролитно-плазменного упрочнения поверхности на структуру и свойства стали 40хн	200
Турапов Ж.Т., Седелев В.А. «Өскемен ЖЭО» ЖШС энергетикалық ресурстарын сақтаудың ғылыми негізін жасау	205	Турапов Ж.Т., Седелев В.А. Разработка научных основ сбережения энергетических ресурсов ТОО «Усть-Каменогорская ТЭЦ»	205
Устемирова Р.С., Аманова М.В., Каскатаев Ж.А. Тепловоздардың тартымдық қасиеттерін жоғарылату	209	Устемирова Р.С., Аманова М.В., Каскатаев Ж.А. Повышение тяговых свойств тепловозов	209
Харинов В.Г., Гольцев А.Г., Чернавин В.Ю. Тәжірибелік зерттеулер негізінде кергіш бекітпелердің конструктивтік параметрлерін әзірлеу	211	Харинов В.Г., Гольцев А.Г., Чернавин В.Ю. Разработка конструктивных параметров распорных креплений на основе экспериментальных исследований	211
Чернавин В.Ю., Харинов В.Г., Гольцев А.Г. Бетоннан жасалған көтергіш конструкциялармен кергіш бекітпелердің өзара әрекеттесуін зерттеу	215	Чернавин В.Ю., Харинов В.Г., Гольцев А.Г. Исследование взаимодействия распорных креплений с несущими конструкциями из бетона	215
Юров В.М., Гученко С.А., Лауринас В.Ч., Касымов С.С., Завацкая О.Н. Көп қабатты Ti-Cu жабындарын алу және қасиеттері	218	Юров В.М., Гученко С.А., Лауринас В.Ч., Касымов С.С., Завацкая О.Н. Получение и свойства многослойных покрытий Ti-Cu	218

**Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік
техникалық университетінің ХАБАРШЫСЫ**

Ғылыми журнал
1998 жылы шыға бастады.
Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде тіркеліп,
1998 ж. 27 ақпанында № 145-ж куәлігі берілген.

**ВЕСТНИК Восточно-Казахстанского государственного
технического университета имени Д. Серикбаева**

Научный журнал
Издается с 1998 г.
Зарегистрирован Министерством информации и общественного согласия
Республики Казахстан. Свидетельство № 145-ж от 27 февраля 1998 г.

Редакторлар — Редакторы: О.Н. Николаенко, С.С. Мамыраздыкова
Корректорлар — Корректоры: О.Н. Николаенко, С.С. Мамыраздыкова
Верстка, набор, изготовление оригинал-макета С.С. Мамыраздыкова
Руководитель РИЦ О.Н. Николаенко

Басуға 11 мамыр 2020 ж. қол қойылды.
Форматы 84×108/16. Офсет қағазы. Көлемі: 23,94 есептік
баспа табағы, 23,18 шартты баспа табағы Таралымы 350 дана.
№ 721 -2020 тапсырыс. Бағасы келісім бойынша.

Шығыс Қазақстан мемлекеттік
техникалық университеті
070004, Өскемен қаласы, Протозанов көшесі, 69

Подписано в печать 11 мая 2020 г. Формат 84 108/16.
Бумага офсетная. Объем: уч.-изд. л. 23,94 усл. печ. 23,18 л.
Тираж 350 экз. Заказ № 721-2020. Цена договорная.

Восточно-Казахстанский государственный
технический университет
070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова, 69