



ISSN 1560-5655

КИБЕРНЕТИКА
ИНФОРМАТИКА

ГОРНОЕ ДЕЛО
МАШИНОСТРОЕНИЕ
МЕТАЛЛУРГИЯ

БИОЛОГИЯ
ЭНЕРГЕТИКА
СТРОИТЕЛЬСТВО

ЭКОЛОГИЯ
СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ
ХОЗЯЙСТВО

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ГОСУДАРСТВЕННОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ЭКСПЕРТИЗЫ

НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2
2021



**Национальный центр государственной
научно-технической экспертизы**

**НОВОСТИ НАУКИ
КАЗАХСТАНА**

НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 2 (149)

Алматы 2021

Научно-технический журнал **«Новости науки Казахстана»** публикует статьи по следующим направлениям фундаментальных и прикладных исследований: технические и сельскохозяйственные науки, науки о Земле, пищевая и перерабатывающая промышленность, экономика, науковедение, стандартизация и пр.

Журнал основан в 1989 г. и выходит 4 раза в год.

Предназначен для профессорско-преподавательского состава вузов, докторов PhD, магистрантов, студентов и сотрудников научно-исследовательских институтов, предприятий и организаций, а также работников министерств и ведомств.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

М.К. Бапиева (главный редактор)
Л.Н. Гребцова (ответственный секретарь)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Р.Г. Бияшев, д.т.н.; **К.А. Исаков**, д.т.н.; **К.Д. Досумов**, д.х.н., проф.;
С.Е. Соколов, д.т.н., акад. МАИН; **Б.Р. Ракишев**, д.т.н., акад. НАН РК;
Ж.С. Алимкулов, д.т.н.; **М.Т. Велямов**, д.б.н., проф., акад. НАН РК;
З.С. Абишева, д.т.н., проф., член-корр. НАН РК;
Ю.А. Юлдашбаев, д.с.-х.н. (Россия);
М.А. Рахматуллаев, д.т.н. (Узбекистан);
А. Сладковски, д.т.н., проф. (Польша);
Д. Пажес, гл. специалист (Франция)

Республика Казахстан, 050026, г. Алматы,
ул. Бogenбай батыра, 221
Тел/факс: +8 727 378-0517, 378-0539 (вн.125),
e-mail: bapiyeva@inti.kz, grebtsova_l@inti.kz
www.vestnik.nauka.kz

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА. КИБЕРНЕТИКА

*Кулпешов Б.Ш., Мустафин Т.С., Толгожинова А.Ж.,
Мустафин С.А.* Обзор методов оценки длины
полосы в рулоне..... 12

Бакытова Ш.Е., Камалова Г.А. Возможности моделирования
веб-сайтов и сервисных приложений..... 18

Мухамедяр У.Е., Касымова А.Х. Робототехнические системы
и техничекие процессы манипулятора..... 31

СТРОИТЕЛЬСТВО. ЭНЕРГЕТИКА

Бекбасаров И.И., Шаншабаев Н.А. О влиянии размеров
пирамидальной части пирамидально-призматических свай
на их энергоемкость и несущую способность..... 43

Кадирова А.М, Тургунова А.М. Система менеджмента качества
в строительстве 56

Унайбаев Б.Б., Унайбаев Б.Ж., Ищанова А.Ш.,
Упреждающий технологический комплекс для возведения
объектов на засоленных пылевато- глинистых грунтах 62

Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Айтмагамбетов А.А.
Исследование предельных тепловых потоков при переходных
режимах ПТУ и ГТУ электростанций 78

ГОРНОЕ ДЕЛО

Ермекова А.С., Тилеуберди Е., Онгарбаев Е.К., Масалимова Б.К.
Особенности характеристик и состава нефтябитуминозных пород
Казахстана 88

Нурлыбаев Р.О. Современное состояние и тенденции развития буровзрывного комплекса на горных предприятиях Казахстана, пути совершенствования технологий взрывных работ 100

МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

Абдирова Р. Д., Тусупкалиева Э. А., Машеков С.А.
Исследование влияния интенсивной пластической деформации на структуру поверхностного слоя инструментальной быстрорежущей стали Р6М5 для нанесения функциональных покрытий..... 118

Абзалова Д.А., Мырзалиев Д.С., Сейдуллаева О.Б., Сеилханов Т.Б. Результаты оценки защитных свойств лакокрасочных покрытий на основе отходов производства..... 134

Демесова С.Т., Омаров Р.А., Омар Д.Р., Ержигитов Е.С.
К исследованию закономерностей теплового насоса с самоохлаждением компрессора 144

СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Нуралин Б.Н., Олейников С.В., Махмудова Ш. Ж., Галиев М.С., Нуралин А.Ж. Плужный рабочий орган поворотного плуга для гладкой вспашки..... 155

Рахымжан Ж., Текебаева Ж.Б., Бейсенова Р.Р. Влияние солевого стресса на прорастание семян сведа солончаковая (*Suaeda salsa pall*)..... 166

ЭКОЛОГИЯ

Баймуканов М.Т., Баймуканова Ж.М. О пластиковом загрязнении и потенциальном его воздействии на биоразнообразие Каспийского моря 174

Казакбаева Т.М., Шайбек А.Д. Основные направления рационального использования водных ресурсов в Республике Казахстан	180
Утеулин К.Р. Экоотоксикант - несимметричный диметилгидразин	194
Утеулин К.Р., Бекешев Е.А., Амрин М.К., Курбатова Н.В., Алдасугурова Ч.Ж., Федорина О.А., Атыгаев А.Б., Степанова Е.Ю. Морфо-анатомическая структура листьев дикорастущих видов растений <i>Agropiron fragile (roth) candargy</i> , <i>Stipa sareptana a.beck</i> , <i>Artemisia terra - albae krasch</i> , выращенных на супесчанной почве, загрязненной несимметричным диметилгидразином	209

МАЗМҰНЫ

ИНФОРМАТИКА. КИБЕРНЕТИКА

Кулпешов Б.Ш., Мустафин Т.С., Толгожинова А.Ж., Мустафин С.А. Орамдағы жолақ ұзындығын бағалау әдістеріне шолу 12

Бақытова Ш.Е., Камалова Г.А. Веб-сайттар мен сервиске бағытталған қосымшаларды модельдеу тәсілінің мүмкіншіліктері 18

Мухамедяр Ұ.Е., Қасимова А.Х. Робототехникалық жүйелер және манипулятордың техникалық процестері 31

ҚҰРЫЛЫС. ЭНЕРГЕТИКА

Бекбасаров И.И., Шаншабаев Н.А. Пирамидалық-призматикалық қадалардың пирамидалық бөлігі мөлшерінің олардың энергия сыйымдылығы мен көтергіштігіне әсері туралы 43

Кадирова А.М., Тургунова А.М. Құрылыстағы сапа менеджменті жүйесі 56

Унайбаев Б.Б., Унайбаев Б.Ж., Ищанова А.Ш. Саз-балшықты топырақтарда объектілерді салуға арналған белсенді технологиялық кешен 62

Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Айтмагамбетов А.А. БТҚ және ГТҚ электр станцияларындағы өтпелі режимдер кезіндегі шекті жылу ағындарын зерттеу 78

ТАУ - КЕН ІСІ

Ермекова А.С., Тилеуберди Е., Онғарбаев Е.К., Масалимова Б.К. Қазақстанның мұнай-битумды жынысының сипаттамалары және құрамының ерекшеліктері 88

Нұрлыбаев Р.О. Қазақстанның тау-кен кәсіпорындарындағы бұрғылау-жару кешенінің қазіргі жағдайы мен даму тенденциялары, жару технологияларын жетілдіру жолдары 100

МАШИНА ЖАСАУ. МЕТАЛЛУРГИЯ

Абдирова Р. Д., Тусупкалиева Э. А., Машеков С.А. Функционалды жабындыларды қолдану үшін қарқынды пластикалық деформацияның аспаптық тез кесетін Р6М5 болаттың беткі қабатының құрылымына әсерін зерттеу..... 118

Абзалова Д.А., Мырзалиев Д.С., Сейдуллаева О.Б., Сеилханов Т.Б. Өндіріс қалдықтары негізіндегі лак-бояу жабындарының қорғаныш қасиеттерін бағалау нәтижелері 134

Демесова С.Т., Омаров Р.А., Омар Д.Р., Ержигитов Е.С. Компрессорды өздігінен салқындататын жылу сорғысының заңдылықтарын зерттеу 144

АУЫЛ ЖӘНЕ ОРМАН ШАРУАШЫЛЫҒЫ

Нуралин Б.Н., Олейников С.В., Махмудова Ш. Ж., Галиев М.С., Нуралин А.Ж. Тегіс жыртуға арналған бұрылмалы соқаның жұмыс органы..... 155

Рахымжан Ж., Текебаева Ж.Б., Бейсенова Р.Р. Ақсора (*Suaeda salsa pall*) тұқымының өнуіне тұзды стрестің әсері 166

ЭКОЛОГИЯ

Баймуканов М.Т., Баймуканова Ж.М. Каспий теңізінің пластикалық ластануы және оның биоалуантүрлілігіне ықтималды әсері туралы 174

Казакбаева Т.М., Шайбек А.Д. Қазақстан Республикасы су ресурстарын тиімді пайдаланудың негізгі бағыттары 180

Утеулин К.Р. Экоотоксикант – асимметриялық
диметилгидразин 194

Утеулин К.Р., Бекешев Е.А., Амрин М.К., Курбатова Н.В.,
Алдасугурова Ч.Ж., Федорина О.А., Атыгаев А.Б.,
Степанова Е.Ю. Асимметриялық диметилгидразинмен
ластанған топырақта өсірілетін *Agropiron fragile (roth)*
sandargy, *Stipa sareptana a. Beck*, *Artemisia terra - albae*
krasch жабайы өсімдік түрлерінің жапырақтарының
морфо-анатомиялық құрылымы 209

CONTENT

INFORMATICS. CYBERNETICS

<i>Kulpeshov B.Sh., Mustafin T.S., Tolgozhinova A.Zh., Mustafin S.A.</i> Review of assessment methods of lengths in bolts	12
<i>Bakytova Sh.Ye., Kamalova G.A.</i> Possibilities of web-sites and service applications modeling.....	18
<i>Mukhamedyar U.Ye., Kasymova A.Kh.</i> Robotic systems and technical processes of robotic arms	31

CONSTRUCTION. ENERGY

<i>Bekbasarov I.I., Shanshabaev N.A.</i> On influence of the pyramidal part of pyramidal-prismatic piles on their power capacity and bearing capability.....	43
<i>Kadirova A.M., Turgunova A.M.</i> Quality management system in construction	56
<i>Unaybaev B.B., Unaybaev B.Zh., Ischanova A.Sh,</i> Preventing technological complex for erecting object on saline silty-clayed soils	62
<i>Genbach A.A., Bondartsev D.Yu., Aitmagambetov A.A.</i> Investigation of limiting heat fluxes under transient conditions STP and GTU power plants.....	78

MINING

<i>Yermekova A.S., Tileuberdi Ye., Ongarbayev Ye.K., Masalimova B.K.</i> Features of characteristics and composition of oil sands of Kazakhstan.....	88
---	----

<i>Nurlybaev R.O.</i> Current state and trends of drilling-and-blasting development on mining companies in Kazakhstan, ways to improve the blasting technologies	100
--	-----

MECHANICAL ENGINEERING. METALLURGY

<i>Abdirova R.D., Tusupkalieva E.A., Mashekov S.A.</i> Research of the influence of intensive plastic deformation on the structure of the surface layer of R6M5 instrumental rapidcutting steel for application the functional coatings	118
---	-----

<i>Abzalova D.A., Myrzaliev D.S., Seidullayeva O.B., Seilkhanov T.B.</i> Results of evaluation of protective properties of paint and varnish coatings based on industrial waste.....	134
--	-----

<i>Demesova S.T., Omarov R.A., Omar D.R., Yerzhigitov E.S.</i> To the study of regularities heat pump with self-cooling compressor	144
--	-----

AGRICULTURE AND FORESTRY

<i>Nuralin B.N., Oleinikov S.V., Makhmudova Sh. Zh., Galiyev M.S., Nuralin A. Zh.</i> Plow header unit for smooth plowing.....	155
--	-----

<i>Rakhymzhan Zh., Tekebayeva Zh.B., Beisenova R.R.</i> The effect of saline stress on the germination of aksora (<i>Suaeda salsa pall</i>) seeds	166
---	-----

ECOLOGY

<i>Baimukanov M.T., Baimukanova Zh.M.</i> On plastic pollution and its potential impact on the biodiversity of the Caspian Sea	174
--	-----

<i>Kazakbayeva T.M., Shaibek A.D.</i> Main directions for rational use of water resources in the Republic of Kazakhstan.....	180
--	-----

Uteulin K.R. Ecotoxicant – unsymmetrical dimethylhydrazine..... 194

*Uteulin K.R., Bekeshev E.A., Amrin M.K., Kurbatova N.V., Aldasugurova Ch.Zh., Fedorina O.A., Atygaev A.B., Stepanova E.Yu. Morpho-anatomical structure of leaves of wild-growing plants *Agropiron fragile (roth) candargy*, *Stipa sareptana a.beck*, *Artemisia terra - albae krasch* cultivated in soils polluted with unsymmetrical dimethylhydrazine 209*

ИНФОРМАТИКА. КИБЕРНЕТИКА

МРНТИ 20.53.19, 53.01.77

*Б.Ш. Кулпешов¹, Т.С. Мустафин¹, А.Ж. Толгожинова²,
С.А. Мустафин³*

¹Казахстанско-британский технический университет, г. Алматы, Казахстан

²Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева,
г. Алматы, Казахстан

³Институт информационных и вычислительных технологий,
г. Алматы, Казахстан

ОБЗОР МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ДЛИНЫ ПОЛОСЫ В РУЛОНЕ

Аннотация. Приведен обзор методов оценки длины полосы прямоугольной формы, скатанной в рулон. Задача оценки длины полосы прямоугольной формы, скатанной в рулон, имеет достаточно большую предысторию. На данный момент в связи широким внедрением вычислительной техники появились автоматизированные системы, решающие обозначенную задачу, все эти системы основаны на известных подходах, так или иначе дающих решение. Несмотря на достоинства предлагаемых методов они все имеют один общий недостаток – сложность осуществления ряда этапов подготовки задачи к решению, недостаточная наглядность протекания процесса вычислений, сложность изменения параметров этих процессов при каждом новом случае объекта рассмотрения с последующим привлечением ЭВМ. Предложен практический метод, отличный от ранее предложенных. Основное его достоинство заключается в доступности, простоте и легкости исполнения метода в производственных условиях.

Ключевые слова: рулон, инструментальные средства, площадь, длина полосы, двусторонняя измерительная линейка.

• • •

Түйіндеме. Орамға оралған тікбұрышты пішіндегі жолақтың ұзындығын бағалау міндетінің тарихы бай. Қазіргі уақытта компьютерлік технологияның кеңінен енгізілуіне байланысты белгіленген мәселені шешетін автоматтандырылған жүйелер пайда болды. Барлық осы жүйелер белгілі тәсілдерге негізделген, қандай да бір жолмен шешім шығарады. Ұсынылған әдістердің артықшылықтарына қарамастан, олардың бәрінде бірдей жалпы кемшілік бар – олар қарау объектісінің әрбір жаңа жағдайында, содан кейін компьютерлерді тарта отырып, деректерді үнемі жаңартып отыруды қажет етеді. Ұсынылған жұмыста орамға оралған тікбұрышты пішіндегі жолақтың ұзындығын бағалау әдістеріне шолу жасалады. Бұрын ұсынылғаннан өзгеше практикалық әдіс ұсынылған. Оның басты артықшылығы – өн-

діріс жағдайында әдісті орындаудың қол жетімділігі, қарапайымдылығы және жеңілдігі.

Түйінді сөздер: орам, құрал-саймандар, алаң, жолақ ұзындығы, екі жақты сызғыш.

• • •

Abstract. This article reviews methods for estimating the length of a rectangular strip rolled into a bolt. The problem of estimating the length of a rectangular strip rolled into a bolt has a fairly long background. Today, due to the widespread introduction of computer technology, automated systems dedicated to address this problem, all of these systems are based on well-known approaches that provide solutions one way or another. Despite the advantages of the existing methods, they all have one common drawback - they require a constant update of the data in each new case of the subject with the subsequent involvement of computers. We have proposed a practical method that differs from the existing ones. Its main advantage is the availability, simplicity and ease of application in industrial contexts.

Keywords: roll, tools, area, strip length, double-sided ruler.

Введение. В данном обзоре рассматриваются методы определения геометрических параметров ряда объектов отраслей промышленности, в производственном цикле которых имеется необходимость измерения длины металлической полосы на промышленных предприятиях, в частности, в машиностроительной индустрии, производственный цикл которой имеет необходимость раскраивать на фигуры заданных размеров из материала прямоугольной формы, представленных в виде рулонов лент, полос, прямоугольных листов и т.д. Как оказалось, результаты измерений могут быть использованы при решении ряда логистических задач для оптимальной упаковки материалов, имеющих ограничения на габариты, объем и грузоподъемность. Во многих случаях, для удобства транспортировки ввиду габаритов в рулоны свертывают такие предметы, как металлические полосы (листы), строительные материалы, искусственный газон и т.д., имеющих прямоугольную форму.

Цель статьи – краткий аналитический обзор особенностей применения геометрического моделирования задач определения длины металлической полосы прямоугольной формы в рулоне, используемой для в различных отраслях знаний - рассмотрение и анализ методов определения длины свернутой в рулон металлической полосы прямоугольной формы, а также предложение своего решения обозначенной задачи.

Методы исследований. Используются общенаучные методы: статистический и сравнительный анализ, классификация, интегральное исчисление, ранжирование, системный подход.

Предметом рассмотрения являются нетрадиционные методы оценки длины металлической полосы прямоугольной формы, скатанной в рулон.

Области применения: машиностроение, металлургия, логистика, легкая промышленность, строительство, лесоведение и т.д.

Металлическая полоса является продуктом металлопроката, применяемый на данный момент в достаточно широком спектре отраслей промышленности это, и строительная отрасль, и производство мебели, автомобилей, а также оснащения разного уровня сложности изделий машиностроительной, а также в электроэнергетической отрасли. Для определения измерения длины полосы металла в рулоне созданы и эксплуатируются специальные калькуляторы - системы автоматизированного измерения длины металлической полосы прямоугольной формы [1]. Математической моделью торца рулона является плоская спираль [2]. Рулон - цилиндрическая упаковка ленты материала, представленная например, металлической лентой в виде листа, имеющего прямоугольную форму определенных параметров. методом наматывания на жесткий вал или гильзу цилиндрической формы. Естественно, возникают задачи, решение которых направлено на извлечение геометрических характеристик рулона, позволяющих далее находить габариты и вес рулона, необходимость определения которого связана с ограничениями на объем, вес и грузоподъемность транспортных средств перевозок.

Существует несколько подходов решения данной задачи. Первая группа предлагаемых методов использует материалоемкие операции, что является их существенным недостатком: SU 1727528 A3, 15.04.1992. RU 31778 U1, 27.08.2003. DE 202006016209 U1, 25.01.2007. WO 2005097646 A1, 20.10.2005. Например, А.с. SU № 838395, кл. G01G 19/42, G01B 704, оп. 15.06.81 г.

Цель предлагаемого по патенту решений данной группы заключается в определении длины холоднокатаной стальной полосы включает замеры толщины и ширины проката и взвешивание рулона. При этом предварительно измеряют толщину h кромки полосы и ее ширину B .

В одном сечении не менее чем в трех местах полосы: на ее переднем конце после намотки 3...5 витков на барабан моталки стана, в середине длины и на заднем конце полосы при наличии на разматывателе того же количества витков. После взвешивания рулона определяют длину полосы из соотношения: $l = P/h' \cdot B' \cdot 7,85$, м, где P - вес ру-

лона, кг, h' - средняя толщина полосы, мм, B' - средняя ее ширина, м, 7,85 - плотность стали.

Недостатками указанного метода являются необходимость привлечения материалоемких операций и осуществления трудоемкой процедуры взвешивания рулонов и недостаточная точность измерения. Вторая группа предлагаемых методов основана на определении геометрических характеристик рулона, которые основаны на использовании математической модели торца рулона в виде спирали [2-4]. Аналитические методы этой группы способны дать более широкое представление зависимости, но применение этих методов тесно связано с формализацией модели торца для получения результатов.

Основная идея этих методов заключается в аппроксимации скелета торца свернутого материала в рулон известными математическими представлениями спиралей, выбором представления и дальнейшем определении длины скелета с последующим переходом на расчет веса рулона. Такой подход привлекателен и наиболее точен из предлагаемых ранее. К этой же группе можно отнести и метод, основанный на концентрических окружностях, наложенных на торец рулона. Например, длина намотанного материала S рассчитывается как длина спирали Архимеда по формуле между точками $M_2(\rho_2, \varphi_2)$ и $M_1(\rho_1, \varphi_1)$ определяется по формуле

$$S = \int_{\varphi_2}^{\varphi_1} \sqrt{\rho^2 + \dot{\rho}^2} d\varphi = a \int_{\varphi_2}^{\varphi_1} \sqrt{1 + \varphi^2} d\varphi,$$

где a - толщина наматываемого материала; φ_1, φ_2 - углы поворота оправки.

Недостатками методов указанной группы является необходимость осуществления подбора аппроксимирующей кривой типа спирали и дальнейшей работы с выбранным видом кривой, что не обеспечивает достаточной точности измерений. Методы способны дать более широкое представление зависимости, но применение этих методов тесно связано с определенными трудностями получения результатов - сложность подготовки задачи к решению, недостаточная наглядность протекания процессов, сложность изменения параметров этих процессов, ограниченность в выборе формы спирали.

Предлагаемый метод, не относящийся к вышеупомянутым методам, основан на определении характеристик элементов торца рулона, которые основаны на использовании результатов обработки данных по торцу рулона [4,5]. Метод измерения длины полосы прямоугольной формы, скатанной в рулон, включает измерение толщины полосы по свободному краю полосы $h(m)$, нанесение на торец рулона

параллельных прямых, пересекающих торец рулона, с шагом $d(m)$, измерение длин отрезков параллельных прямых на материале торца рулона, определение площади поперечного сечения материала рулона по формуле:

$$S = d \times \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} l_j^i,$$

где d - шаг между прямыми множества параллельных прямых, m ; k - число параллельных прямых линий, пересекающих торец рулона; n_i - число отрезков рулона прямой i из множества параллельных прямых; l_j^i - длина j -го отрезка рулона, принадлежащего прямой i , m .

Затем определение длины рулона определяется, как отношение площади поперечного сечения материала рулона $S(m^2)$ к толщине полосы $h(m)$. Предлагаемое решение является легкорезализуемым, обеспечивает снижение трудоемкости метода измерения длины полосы прямоугольной формы, скатанной в рулон, позволяет перейти к определению веса рулона через плотность материала, и таким образом отказаться от прямой процедуры взвешивания всего рулона.

Алгоритм расчета по предлагаемому методу состоит из следующих шагов. Измеряем толщину полосы по свободному краю. Затем с помощью двухсторонней линейки чертим (проводим, наносим) параллельные прямые, отстоящие друг от друга на расстоянии d (m), и пересекающие изображение торца рулона. Далее измеряем длины отрезков параллельных прямых, изображенных на торце рулона, и по указанной выше формуле определяем площадь поперечного сечения рулона и затем длину полосы, как отношение площади поперечного сечения рулона к толщине полосы. Знание геометрических характеристик рулона (m) и плотности материала рулона ($кг/м^3$) позволяет определить вес рулона. Расчеты на примерах показали, что использование предлагаемого метода для определения длины полосы в рулоне не зависит от характера намотки спирали, дает возможность управлять величиной ошибки измерения длины материала в рулоне, сводят к минимуму возможные претензии потребителей рулонного материала, сокращает временные затраты, значительно упрощает измерение длины полосы в рулоне и позволяет отказаться от прямой операции взвешивания рулона.

Заключение. Выполнен краткий обзор методов оценки длины полосы прямоугольной формы, скатанной в рулон. Предложен повышенной точности параметрический метод определения длины прямоугольной полосы, смотанной в рулон, направляющие которого параллельны друг другу. Показана возможность технического решения,

основанного на интегральном исчислении и геометрической вероятности, для достижения поставленной цели и его преимущества перед ранее известными методами. Предлагаемый метод легкорезализуем на практике, не зависит от натяжения намотки материала, позволяет управлять величиной ошибки измерения, минимизировать возможные логистические издержки, значительно сократить временные затраты, упрощает измерение длины полосы в рулоне и позволяет отказать от трудоемкой процедуры взвешивания всего рулона.

Использование предлагаемого метода позволяет по сравнению с существующими методами повысить надежность измерения за счет отказа от использования сложных методик измерения, повысить точность и качество контроля данных за счет применения более простых правил, снизить себестоимость за счет применения доступных и дешевых устройств. Данный метод имеет простое техническое исполнение, не требует материалоемких процедур измерения и имеет достаточно высокую точность.

Список литературы

1 Системы автоматизированного измерения длины полосы металла в рулоне СИД, [Электронный ресурс]: URL: <http://www.kip-guide.ru/info/48970-12>. [Sistemy avtomatizirovannogo izmereniya dliny polosy metalla v rulone SID [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kip-guide.ru/info/48970-12>]

2 Савелов А.А. Плоские кривые: Систематика, свойства, применения: (Справочное руководство) / Под ред. А. П. Нордена. – М.: URSS, 2020. - 293 с., [Savelov A.A. Ploskie krivye: Sistematika, svojstva, primeneniya: (Spravochnoe rukovodstvo) / Pod red. A. P. Nordena. – М.: Fizmatgiz, 1960. - 293 s.]

3 Коновалов Ю. В., Налча Г. И., Савранский К. Н. Справочник прокатчика // М. Metallurgiya, 1977. – 312 с., [Konovalov, YU. V. Spravochnik prokatchika / YU. V Konovalov, G. I. Nalcha, K. N. Savranskij. – М.: Metallurgiya, 1977. – 312 s.]

4 Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. – М. - Лань. – 2010. - 608 с., [Bronshtejn I.N., Semendyaev K.A. Spravochnik po matematike dlya inzhenerov i uchashhikhsya vuzov. – Nauka. - М. - 1981 г. - 721 s.]

5 Кендалл М., Моран Р. Геометрические вероятности / пер. с англ. - М. – Наука. -1972. – 197 с., [Kendall M., Moran P. Geometricheskie veroyatnosti / per. s angl. - М. – 1972. – 197 s]

Ш.Е. Бакытова¹, Г.А. Камалова¹

¹Жеңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,
Орал қ, Қазақстан

ВЕБ-СЕРВИСТЕР МЕН СЕРВИСКЕ (ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУГЕ) БАҒЫТТАЛҒАН ҚОСЫМШАЛАРДЫ МОДЕЛЬДЕУ ТӘСІЛІНІҢ МҮМКІНШІЛІКТЕРІ

Түйіндеме. Әр саланың өз құрылымы, даму үдерісі, жаңалығы болатыны белгілі. Мақаламен жұмыс барысында веб-сервистер мен сервиске бағытталған қосымшаларды, веб-қызметтерді құруға арналған екі платформа талданды. J2EE платформасы (Java 2 Enterprise Edition) кез-келген сәулет пен операциялық жүйелер үшін Java қосымшаларына негізделген веб-қызметтерді құруға мүмкіндік береді. Microsoft. NET платформасы ASP.NET технологиясында Visual Basic, C++, C# сияқты бағдарламалау тілдері арқылы веб-қызметтерді құруға болады. Алынған екі платформаны талдау және салыстыру барысында сервиске бағытталған қосымшаларды модельдеу тәсілінің мүмкіншіліктері анық көрсетіледі және нақты мысалдармен жұмыс жасалады.

Түйінді сөздер: веб-қосымшалар, сервиске бағытталған сәулет (SOA, Service-Oriented Architecture), XML, SOAP, WSDL , UDDI, сервиске бағытталған қосымша.

• • •

Аннотация. Каждая отрасль имеет свою структуру, свой процесс развития, свою новизну. В ходе работы над статьей были проанализированы две платформы для создания веб-сервисов и сервис-ориентированных приложений, веб-сервисов. Платформа J2EE (Java 2 Enterprise Edition) позволяет создавать веб-сервисы на основе приложений Java для любой архитектуры и операционных систем Microsoft. Платформа NET ASP.NET технология позволяет создавать веб-сервисы через такие языки программирования, как Visual Basic, C++, C#. В ходе анализа и сравнения двух полученных платформ наглядно демонстрируются особенности подхода к моделированию сервисно-ориентированных приложений и работа на конкретных примерах.

Ключевые слова: веб-приложения, сервис-ориентированная архитектура (SOA, Service-Oriented Architecture), XML, SOAP, WSDL , UDDI, сервис-ориентированное приложение.

• • •

Abstract. Each industry has its own structure, its own development process, and its own novelty. While working on the article, we analyzed two platforms for creating web services and service-oriented applications, web services. The J2EE platform (Java 2 Enterprise Edition) allows to create web services based on Java applications for any architecture and operating systems. Microsoft the NET platform ASP.

NET technology allows to create web services using programming languages such as Visual Basic, C++, and C#. During the analysis and comparison of the two platforms we have obtained the features of the approach to modeling service-oriented applications and clearly demonstrated working on specific examples.

Keywords: web applications, service-Oriented Architecture (SOA, Service-Oriented Architecture), XML, SOAP, WSDL , UDDI, service-oriented application.

Кіріспе. Соңғы кездері сервиске бағытталған сәулет (SOA, Service-Oriented Architecture) негізінде қосымшаларды компоненттік құрастыру кеңінен танылып жүр. SOA қосымшасы көптеген бизнес қосымшаларындағы компоненттерге негізделген. Әрбір осындай компонент SOA (1-ші сурет) жүйесінің модулі болып табылады. Сервиске бағытталған сәулет тәсілін пайдалану ірі кәсіпорынға өзінің инфрақұрылымын одан әрі дамыту кезінде біршама артықшылықтарға қол жекізуге мүмкіндік береді.



1 сурет – SOA Құрамдас қосымшаларды құрастыру

Қызметке бағытталған қосымшаларды құру үшін веб-қызметтер технологиясын қолданудың болашағы зор. Веб-қызметтер технологиясы қосымшаларға және олар орналастырылған платформаға, сондай-ақ олар жазылған бағдарламалау тіліне қарамастан бір-бірімен өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді. Веб-қызметте стандартталған XML хабарламалары арқылы қашықтан шақырылатын операциялар жиынтығын

сипаттайтын бағдарламалық интерфейсі болады. Дәстүрлі веб-қосымшалардан веб-қызметтің айырмашылығы сол, ол соңғы пайдаланушыларға қызмет көрсетпейді. Өйткені оның пайдаланушы интерфейсі жоқ. Оның басты міндеті – веб-қосымшалар, мобильді немесе консольдік қосымшалар сияқты басқа қосымшаларға қызмет көрсету [1].

Веб-қызметтерге бағытталған тұжырымдамалар: Сервистерді пайдалана отырып, ақпараттық жүйелерді құру веб-сервистерге (Web Services Architecture - WSA) бағытталған сәулет ұғымына алып келді. WSA қосымшаларын пайдалану аясында қолданылатын веб-қызметтерді дамыту және модельдеу мәселелерін зерттейді. Сондықтан болашақта “қызмет” сөзі веб – қызмет деген мағынада түсініледі. WSA қосымшаларының негізгі құрылымдық элементі – оның негізгі компоненті ретінде қарастыруға болатын қызмет. Сервиске бағытталған архитектураның және WSA - ның тағы бір негізгі құрамдас бөлігі – корпоративті қызмет көрсету шинасы (Enterprise Service Bus-ESB). ESB тұтынушыларға және қызмет өндірушілеріне тікелей өзара тәуелділікті орнатпай-ақ, бір-бірімен өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді. Бұл барлық корпоративтік қызметтер мен қосымшаларды біріктіретін, деректерді түрлендіру және беру, басқару және бақылау функцияларын жүзеге асыратын делдал десек те болады.

Осы қызметті жүзеге асыру тұрғысынан WSA веб-қызметтердің стандарттарына, құралдарына және технологияларына сәйкес келетін бағдарламалаудың моделі болып табылады. Егер SOA белгілі бір технологияға қосылмаса, көптеген технологияларды қолдана отырып жүзеге асырылуы мүмкін болса, онда WSA негізгі бағдарламалық жасақтама компоненттері ретінде веб-қызметтерді пайдалануға бағытталған. Осылайша, WSA бұл белгілі бір интерфейстері бар тәуелсіз қызметтерді пайдаланумен сипатталады. Олар өз міндеттерін орындау үшін белгілі бір стандартты жолмен шақырылуы мүмкін. Бұл жағдай қызметтер алдын-ала оларды шақыратын бағдарлама туралы ештеңе білмеген, бағдарлама қызметтердің өз міндеттерін қалай орындайтынынан хабарсыз болғанда да ғана орын алады.

WSA-ны ақпараттық жүйелер архитектурасының стилі ретінде қарастыруға болады. Ол төмен байланысқан және өзара әрекеттесетін веб-қызметтерді біріктіру арқылы жасалған қосымшаларды жасауға мүмкіндік береді. Бұл қызметтер қатаң анықталған платформалық-тәуелсіз интерфейс негізінде өзара әрекеттеседі. Интерфейс анықтамасы қызметтің жасалу тіліне тәуелді болудан арылтады. Мысалы, C# - та жазылған, .net платформаларында және Java платформаларында жұмыс істейтін Java қызметтері жалпы құрама қосымшамен қатар сәтті болуы мүмкін. Кейбір платформаларда жұмыс істейтін қосымшалар басқа платформаларда жұмыс істейтін қызметтерді шақыра алады. Бұл компоненттерді қайта пайдалануды жеңілдетеді.

WSA келесі сипаттамаларға ие:

- Веб-қызметтерді көптеген есептеу жүйелеріне таратуға болады. Жергілікті немесе ғаламдық желілерді қолдана отырып, өзара әрекеттесуге қабілетті;
- Веб-сервистердің интерфейсі оларды іске асырған технологияға немесе платформаға байланысты емес;
- Қажетті веб-қызметтерді іздеуге және қосуға болады [2,3].

Веб-сервистер технологиясы: Веб-қызмет – URI (Unified Resource Identifier) арқылы анықталатын бағдарламалық модуль. Оның сыртқы интерфейстері мен байланыстары XML арқылы анықталады және сипатталады. Бұл бағдарламалық жүйелер кейбір интернет протоколы арқылы жіберілген XML хабарламаларын қолдана отырып, веб-қызметпен оның сипаттамасында анықталған стильде өзара әрекеттесе алады. Осыған байланысты веб-қызметтер технологиясы XML технологиясына негізделген ашық стандартты екенін көруге болады. Осылайша, веб-қызметтер қосымшаларға, олар орналастырылған платформаға, сондай-ақ, олар жазылған бағдарламалау тіліне қарамастан бір-бірімен өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді.

Веб-сервистің қызметтері мен мақсатары: Әзірленген қызметтің негізгі мақсаты – өндірістік типтегі білім базасын құру процесін қолдау болып табылады. Олардың негізгі функциялары:

- Жеке пайдаланушылар мен белгілі бір аймақтың қол жетімділігі мен артықшылықтарын теңестіру мүмкіндігімен білім базаларының модельдерінің жобаларын жасау;
- Xmi MOF, XMI UML және XML FreeMind форматтарының тұжырымдамалық және танымдық модельдерін талдау негізінде пәндік аймақтың моделін автоматты түрде қалыптастыру;
- RVML (rule Visual Modeling Language) тілін пайдалана отырып, өнім түріндегі білім базаларын жобалау;
- CLIPS форматындағы білім базаларын өндірістік білім базаларының модельдері негізінде әзірлеу.

Белгілі бір функцияларды жүзеге асыру үшін қызмет архитектурасы жасалынып көрсетілді (2-сурет.) Берілген суретте серверлік және клиенттік бөліктер бөліп көрсетілген.

Негізгі модульдер және олардың мақсаты:

Пайдаланушылар интерфейсі – көмекші басқару тақталары, кеңестер арқылы пайдаланушылардың ыңғайлы, жылдам және тиімді өзара әрекеттесуін қамтамасыз етеді;

Сервистің әкімшілік модулі – қолжетімділік құқықтарын анықтау мүмкіндігін қамтамасыз етеді:

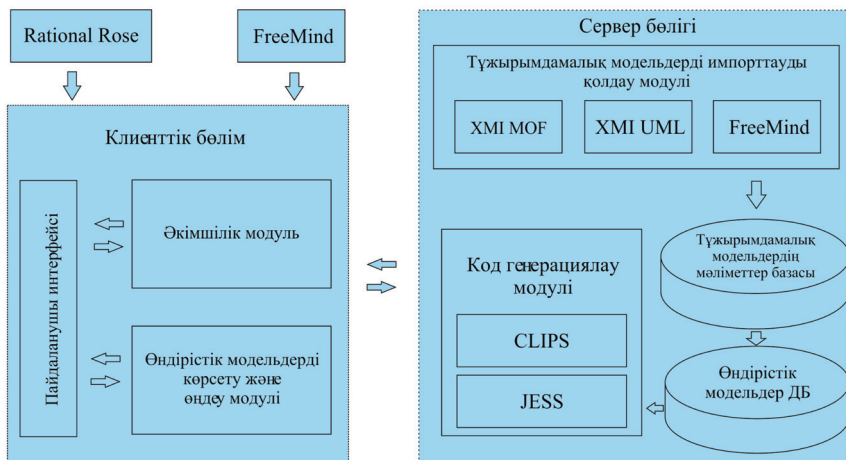
Қызметтің әртүрлі пайдаланушылары үшін;

Тұжырымдамалық модельдерді импорттауды қолдау модульдері (XMI MOF, XMI UML, FreeMind);

FreeMind және Rational Rose-де жасалған XML форматындағы файлдарды импорттау мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Егер жүктелетін XML файлы дұрыс болса, онда талдау нәтижесінде ұғымдар, байланыстар, атрибуттар, олардың параметрлері және т.б. бөлінеді;

Өнім модельдерін clips форматына бейнелеу модулі; өнім моделі негізінде CLP форматында файлды автоматты түрде қалыптастыруды қамтамасыз етеді;

Тұжырымдамалық модельдер туралы ақпаратты сақтауға арналған деректер базасы жобалау кезінде сақталатын ақпараттың сипаты мен шешілетін міндеттердің ерекшелігіне сәйкес деректер базасын үш бөлікке сегменттеу туралы шешім қабылданды. Олар жиынтығында сервистің жұмысын қамтамасыз етеді [4].



2 сурет - Веб-сервистің архитектурасы

Веб-қызметтер технологиясының стандарттары: Веб-қызметтер келесі негізгі веб-стандарттарға негізделген:

- XML (құрылымдық деректерді сақтауға және беруге арналған кеңейтілген белгілеу тілі);
- SOAP (XML негізіндегі хабар алмасу протоколы);
- WSDL (веб-қызметтерді сипаттау тілі);
- UDDI (әмбебап тану, сипаттау және интеграция интерфейсі).

Семантикалық веб-қызметтер: Семантикалық желі тұжырымдамасын W3C төрағасы Тим Бернерс-Ли 2001 жылы W3C консорциу-

мының сегізінші конференциясында сөз сөйлеп, «Scientific American» журналында тиісті трактат жариялады деген ақпарат В.А Вишняковтың «Использование интеллектуальных и блокчейн технологий в информационном управлении» атты мақаласында айтылған. Семантикалық веб-қызметтердің дәстүрлі веб-кеңістіктен айырмашылығы – семантикалық желінің әр бетінде екі тілде ақпарат бар: табиғи (шолғыш көрсететін) және арнайы (адамның көзінен жасырылған, бірақ зияткерлік бағдарламалық агенттер үшін түсінікті). БА пайдаланушылардың тапсырмалары бойынша ақпарат көздерін табады, деректерді сұрайды, оларды іздеу критерийлеріне сәйкестігін тексереді, содан кейін жауапты пайдаланушыларға ыңғайлы түрде береді. Семантикалық желі үш қағидаға негізделген агрегация, қауіпсіздік және логика. Біріктіру – деректермен бөлісу. Семантикалық веб-қызметтерде мәселені шешу кезінде кез-келген деректерді қолдануға болады, олардың негізінде семантикалық ақпарат жасалады. Семантикалық ақпарат семантикалық желінің негізін құрайды және белгілі бір пән саласы мен олардың арасындағы қатынастар ұғымдарының кейбір ресми тілдегі сипаттамасын білдіреді. Семантикалық желіге деген сенімділікті қамтамасыз ететін қауіпсіздік сандық қолтаңбаларға негізделген. Оны агенттер мен компьютерлер ақпараттың сенімді көзден алынғанын тексеру үшін қолдана алады.

Семантикалық веб-қызметтер стандартты веб-сервис негізінде құрастырылған. Семантикалық веб-қызметтердің көп деңгейлі архитектурасы (3-сурет.) көрсетілген [5].



3 сурет - Веб-қызметтер мен қызметтің семантикалық сипаттамасы

Веб-қызметтерді дамытудың негізгі платформалары.

Enterprise Edition (J2EE™) платформасы платформасы.

Күрделі таратылған қосымшаларды қамтитын электронды бизнестің қазіргі қарқынды дамып келе жатқан әлемінде кәсіпорын қосым-

шаларының нарыққа мүмкіндігінше тез шығарылуы маңызды. Яғни, қашықтықтағы байланыс қызметтері, ат қою, тұрақты деректер, қорғау немесе транзакцияларды басқару сияқты жүйелік деңгейдегі қызметтерді дамытуға уақыт бөле алмайды. Жобаны әзірлеу тобы портативті қайта пайдалануға болатын компоненттерді жасап, енгізуі керек. Enterprise Edition (J2EE™) платформасы осы мақсатта арнайы жасалған. Ол Java-да таратылған, көп деңгейлі, компоненттерге негізделген қосымшаларды әзірлеу және іске қосу үшін дұрыс құжатталған әрі стандартталған ортаны ұсынады. Бұл орта автоматты түрде қосымшаны құру кезінде төменгі деңгейдегі жұмыстың көп бөлігін орындайды. Мысалы, қашықтан қосылу қызметтері, ат қою, тұрақты деректер, транзакцияларды қорғау және басқару әзірлеушілерге қосымшаның логикасына назар аударуға мүмкіндік береді.

J2EE технологиясы (Java 2 Enterprise Edition) корпоративтік таратылған көп буынды қосымшаларды құруға арналған стандарт болып табылады. Ол стандарттар жиынтығы мен маңызды жүйелік қызметтерді қамтитын айқын және икемді архитектураны ұсына отырып, жүйелік сәулетшілердің, бағдарлама жасайтындардың, таратылған АЖ жобалаушылары мен әзірлеушілерінің жұмысын айтарлықтай жеңілдетуге мүмкіндік береді. J2EE Enterprise JavaBeans (EJB) компоненттік моделі, Java Servlets және Java Server Pages (JSP)-пайдаланушылардың әрекеттеріне динамикалық жауап беруге арналған веб-қосымшалардың стандарттары және JDBC дерекқорына кіру стандарты сияқты стандарттарды біріктіреді.

J2EE технологиясының артықшылықтары:

- Объектінің орналасқан жерін анықтау және объектілерге қол жеткізу операцияларының жоғары ашықтығын қамтамасыз ететін икемді және дәйекті объект моделі;

- Нысандар күйге ие, оларды жаһандық түрде анықтауға болады және сілтемелер клиенттен клиентке және машинадан машинаға оңай беріледі;

- Объектілер бейрезидентті де, сақталған да болуы мүмкін;

- Танымал және қарқынды дамып келе жатқан Java бағдарлама-лау тілін қолдану арқылы құрылған;

- Нысандарды мәні бойынша беру мүмкіндігі;

- Іске асырудың салыстырмалы қарапайымдылығы;

- JDBC, JSP және серверлер, бөлінген қосымшалар сервері мен веб-сервермен таратылған жүйені құруға көбірек мүмкіндік береді;

CORBA технологиясымен үйлесімділік.

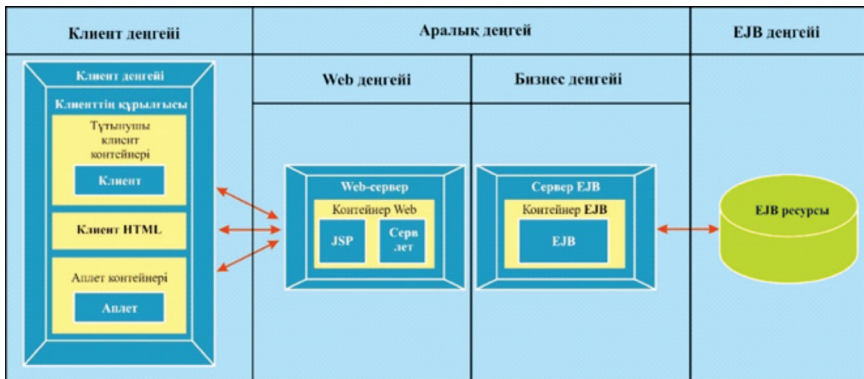
J2EE технологиясының кемшіліктері:

- Төмен өнімділік;

- Тек бір Java тілін қолдау.

Жоғарыда аталған артықшылықтар мен кемшіліктер таратылған ақпараттық жүйелерді құру үшін J2EE технологиясы өзінің EJB компоненттік моделімен өте қолайлы екенін көрсетеді.

J2EE-бұл клиенттік деңгейден, орта деңгейден және EIS деңгейінен немесе базалық деңгейден тұратын таратылған қосымшалардың көп деңгейлі архитектурасы деп айтуға болады. J2EE платформасының көп деңгейлі архитектурасы, сонымен қатар J2EE компоненттерін қолдайтын әртүрлі J2EE контейнерлері көрсетілген. (4-сурет) [6,7].



4 сурет - J2EE көп деңгейлі архитектурасы

NET платформасы. NET платформасы әзірлеу құралдарын, қоршаған ортаны, серверлік инфрақұрылымды және қосымшаларды құруды қамтамасыз ететін ақылды бағдарламалық жасақтаманы ұсынады. Ол HTTP, XML және SOAP сияқты жалпы қабылданған стандарттарды қолдану арқылы әртүрлі қосымшалар мен құрылғыларды біріктіруге ықпал етеді. NET бағдарламалық жасақтама индустриясының басты мәселелерінің бірін шешеді, әртүрлі тілдерде және әртүрлі ортада жазылған қосымшалар арасында мәліметтер алмасуды қамтамасыз етеді.

NET келесі құралдар мен операциялық жүйелерді қолдайды:

- Smart Client бағдарламалық жасақтамасы клиентке, компьютерге немесе мобильді құрылғыға веб-сервистер арқылы кез-келген жерден және кез-келген құрылғы арқылы деректерге қол жеткізуге мүмкіндік береді.
- NET Server инфрақұрылымы NET қосымшаларын орналастыру үшін жоғары қауіпсіз және масштабталатын платформаны ұсынады.
- XML веб-қызметтері NET технологиясымен қоршалған қосымшаларды біріктірудің негізі болып табылады. Олар интернет пен инт-

ранетке әртүрлі тілдерде жазылған және әртүрлі платформаларда жұмыс істейтін қосымшаларға HTTP, XML және SOAP сияқты стандартты протоколдар арқылы мәліметтер алмасуға мүмкіндік береді;

- Visual Studio. Net және. NET Framework – XML веб-қызметтерін құруға, хостинг пен қолдануға арналған толық шешім. Visual Studio. Net қоршаған орта мен бағдарламалау тілдерінің алуан түрлілігін қолдайды, барлық қажетті құралдарға қол жеткізуге мүмкіндік береді. Мұның бәрі Visual Studio. Net-ті қазіргі уақытта қол жетімді ең өнімді әзірлеуші құралдарының бірі етеді.

ASP.NET – веб-қосымшалар мен веб-сервистерді құруға арналған технология. Бұл Microsoft. NET платформасының ажырамас бөлігі және ескі Microsoft ASP технологиясының дамуы. Microsoft толығымен ASP.NET бағдарламаның орындалу ортасына негізделіп қайта құрылды (CLR ортасы). Ол барлық Microsoft қосымшаларының негізі болып табылады. Әзірлеушілер кодты ASP.NET жиынтығына кіретін кез-келген бағдарламалау тілдерін қолдана отырып жаза алады [8].

Кіретін кез-келген бағдарламалау тілдерін қолдана отырып жаза алады.

NET және Enterprise Edition (J2EE™) платформаларына салыстырмалы талдау. NET және Enterprise Edition (J2EE™) технологиялары бір-біріне өте бәсекелес болып табылады. Олар ерекше айырмашылыққа ие бола отырып, әрқайсысы веб-қызметтерді құруға мүмкіндік береді. Айырмашылықтарын атап айтсақ, көп платформалық және көптілді қолдауды жүзеге асыру технологиялары болып табылады. Көп платформалылық – NET және J2EE екеуі де веб-қызметтерді құруда маңызды рөл атқаратыны белгілі. Осы уақытқа дейін J2EE көптеген платформаларға қолдау көрсетті, бірақ Microsoft корпорациясының пікірінше, бұл J2EE құзыреті емес. Microsoft.NET-ті екі сатылы компиляция платформасы ретінде орналастырады, бұл Java сияқты кез-келген платформа үшін жұмыс ортасын құруға мүмкіндік береді. Танымал операциялық жүйелер үшін CLR жасау бірнеше жылға созылуы мүмкін. Сондықтан, бүгінгі таңда J2EE-бұл көп платформаны қолдайтын жалғыз даму ортасы деп айтуға болады. Көптілді қолдау – J2EE-дің жалғыз тілдік негізі – Java, ол NET-тен мүлдем өзгеше. Онда Fortran, COBOL, C++ және Visual Basic сияқты оннан астам тілге қолдау көрсетіледі. Бұл NET Java-дан басқа тілдерді қолданатын әзірлеушілер үшін жақсы жағдай жасайды дегенді білдіреді. NET қарапайым тілде веб-қызметтерді құруға мүмкіндік береді. Оны қайта оқытуға аз шығындар жұмсалады [9].

Веб-қызметтің функционалдығын жүзеге асыратын қосымшаны құру. Қосымшаны жобалау кезінде тиісті әдістер қолданылуы қажет. Объектіге бағытталған қосымшаларды құру кезінде кем

дегенде кейбір Uml диаграммалар жасалады. Microsoft Visual Studio құралы веб-қызметтерді ASP.net Web Service жобасы аясында және Visual Basic. Net-пен бірге екі объектіге бағытталған бағдарламалау тілдерінде жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Жобаны жасағаннан кейін оған веб-қызметтің қажетті функционалдығын жүзеге асыратын кодты қосу керек.

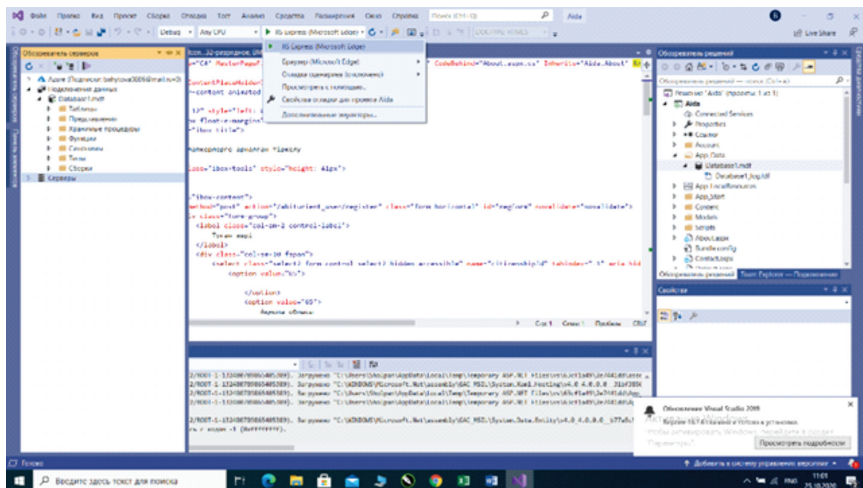
Әрбір жасалған Visual Studio веб-қызметі үшін. NET әдет бойынша келесі файлдарды жасайды;

- AssemblyInfo.cs-жобаны құру туралы жалпы ақпаратты сақтайды. Құрастыру-бұл жалпы тілдік орындау ортасының қатысуымен бірнеше рет қолданылатын кодтың функционалды бірлігі;

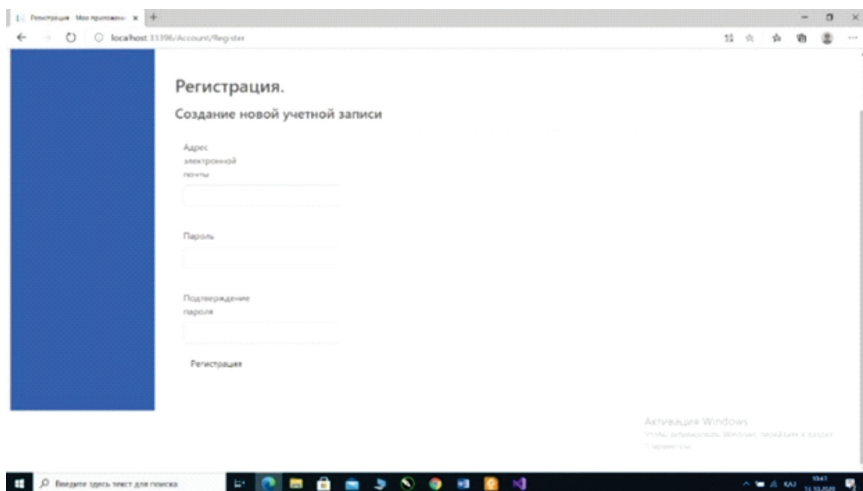
- Service1.aspx және Service1.aspx.cs-веб-қызмет интерфейсін құрайды. Service.aspx @WebService директивасынан басталады. Бұл директивада веб-қызметті құрайтын сыныпты анықтайтын class тәлсіпаты болуы керек. Service1 класс файлы.aspx.cs-Web Service-ке тәуелді жасырын файл.aspx; веб-қызметтің бөлінген код класын қамтиды;

- Web.config-веб-жобаның конфигурациясы туралы ақпаратты қамтиды. Мысалы, күйін келтіру режимінің сипаттамасы және аутентификация әдісі, сондай-ақ осы жоба үшін стандартты емес қате туралы хабарламаларды анықтайды. Web.config веб-қызметтердің конфигурациясы туралы ақпаратты сақтай алады.

Құрылған веб-қосымшаны іске қосуды жүзеге асыра отырып (5-сурет), осындай нәтижеге қол жеткіземіз.(6-сурет)



5 сурет - Веб-қосымшаны іске қосу



6 сурет - Веб-қосымшаны құру барысында тіркеу бөлімін жүзеге асыру

Осындай бағытта тіркеу бөлімін Microsoft Visual Studio құралы веб-қызметтерді ASP.net Web Service жобасы аясында жасап, нәтежеге қол жеткізуге болады. Бұл көрсетілген веб-қосымша .net платформасының тиімділігі мен ынғайлылығын айқындай түседі [10-12.]

Қорытынды. Қазіргі уақытта семантикалық веб-қызметтерге көп көңіл бөлінеді. Қызмет WSDL-де анықталған операцияларды онтология түрінде берілген ғаламдық ақпараттық ресурстармен байланыстыратын семантикалық сипаттаманың WSDL-ге үстірт құрылымы арқылы семантикалық болады. Семантикалық веб-қызметтер қызметтердің құрамын айтарлықтай жеңілдетеді және қызметке тек мекен-жайы бойынша ғана емес, мазмұны бойынша да қоңырау шалу мәселесін көрсетеді. Қазіргі уақытта веб-қызметтермен жұмыс істеудің статикалық парадигмасы жиі қолданылады - қосымша веб-қызметке қосымшаны әзірлеу кезінде таңдалған және жауапты пассивті күтуге мәжбүр болған нақты мекен-жай (URL) бойынша жүгінеді. Алайда, бірдей функционалдығы бар веб-қызметтер көп болуы мүмкін, өйткені оларды дамыту, қолдау және орналастыру, сайып келгенде, пайда табу арқылы анықталады. Сонымен, егер белгілі бір серверде орналасқан белгілі бір веб-сервистің қызмет көрсету сипаттамалары Клиентті қанағаттандырмаса, онда таңдалған сервердегі басқа қызметке немесе сол қызметке, бірақ басқа серверде орналасқан қызметке жүгінген жөн. Код деңгейінде бұл қосымшаның міндеті шешілетін болады. Егер құрылатын болса веб-сервисі ғана емес, нақ-

ты URL-ға жүгінуге мүмкіндік береді. Веб-қызметтермен жұмыс істеудің динамикалық парадигмасында бұл функцияларды кәсіпорынның сервистік шинасы орындайды. Ол веб-қызметтің қоңырауларына мониторинг жүргізеді және мониторинг ақпаратына сүйене отырып, нақты URL мекен-жайы бойынша байланыс жасайды.

Зерттеуде “қарапайым” және композиттік қызметтерді дамыту процестерін талдау және веб-қызметтермен жұмыс істеудің динамикалық парадигмасын модельдеу міндеттері қойылған және жұмыс істеу бағыты мен баптаулары туралы нақты ақпарат алынды. Microsoft Java - ны бағдарламалау тілдерінің бірі ретінде қарастырады. Java – бағдарламалау тілі емес, платформа деген пікір қалыптасады. Талданған платформалар веб-қызметтерді құру құралдарының ең толық тізімін ұсынады. J2EE платформасы (Java 2 Enterprise Edition) кез-келген сәулет пен операциялық жүйелер үшін Java қосымшаларына (Java сыныбы, EJB компоненті) негізделген веб-қызметтерді құруға мүмкіндік береді. Microsoft .NET платформасы бірнеше Visual Basic, C++, C# бағдарламалау тілдері арқылы веб-қызметтерді құруға мүмкіндік береді. Мақалада “Тіркеу бөлімі” деп аталатын веб-қосымшаның даму әдісі қарастырылған. Ол .NET платформасынан толық қолдау табады және қолданыстағы бағдарламалық қосымшалардан веб-қызметтерді құруға ыңғайлы.

Әдебиеттер

1 Ключкин В. От традиционных способов интеграции – к SOA для небольших проектов: [сервисноориентированная архитектура // Банковские технологии, 2008. - №9. - с. 28-30/ [Klyuchkin.V. Ot traditsionnykh sposobov integratsii – k SOA dlya nebol'shikh projektov: [servisnoorientirovannaya arkhitektura] / V. Klyuchkin // Bankovskie tekhnologii, 2008. - №9. - s. 28-30]

2 Савельев А.О., Алексеев А.А. HTML5. Основы клиентской разработки. 2-е изд., испр. – М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ». 2016. - с. 272, [Savel'ev A.O., Alekseev A.A. HTML5. Osnovy klientskoj razrabotki. 2-e izd., ispr. – М.: Natsional'nyj Otkrytyj Universitet «INTUIT». 2016. - s. 272,]

3 Климов В.В., Чернышов А.А., Баландина А.И., Косткина А.Д. Лабораторный практикум по семантическим технологиям и вебсервисам / — М.: НИЯУ МИФИ. 2016, [Klimov V.V., CHernyshov A.A., Balandina A.I., Kostkina A.D.. Laboratornyj praktikum po semanticheskim tekhnologiyam i vebservisam / — М.: NIYAU MIFI. 2016,]

4 Типы HTTP-запросов и философия REST. URL: <https://habrahabr.ru/post/50147/> (дата обращения: 17.06.2017), [Типы HTTP-zaprosov i filosofiya REST. URL: <https://habrahabr.ru/post/50147/> (data obrashheniya: 17.06.2017)]

5 Gribova V., Kleschев A., Krylov D., Moskalenko P., Timchenko V., Shalfeeva E. A. Cloud computing platform for lifecycle support of intelligent multi-agent internet-services. Proc. Intern. Conf. PEEE. Hong Kong. 2015. - vol.20. - s. 231-235.

6 Yurin A.Yu., Grishchenko M.A. Knowledge base editor for CLIPS. *Programmnye produkty i sistemy* [Software & Systems]. 2012. –no.4. - s. 8-87 (in Russ).

7 The Semantic Web / T. Berners-Lee, J. Hendler, O. Lassila // *Scientific American*, May. 2001. – s . 56-89.

8 Вишняков, В.А. Развитие интеллектуального управления с использованием облачных технологий / В. А. Вишняков // *Информатика*. 2016. - №2. - с.113-120., [Vishnyakov, V.A. Razvitie intellektual'nogo upravleniya s ispol'zovaniem oblachnykh tekhnologij / V. A. Vishnyakov // *Informatika*. 2016. - №2. - s.113-120]

9 Исакова А.И. Информационный менеджмент : учебное пособие – Томск : ФДО, ТУСУР. 2016 . - с 305., [Isakova A.I. Informatsionnyj menedzhment : uchebnoe posobie – Tomsk : FDO, TUSUR. 2016 . - s 305.]

10 Мак-Дональд М. WPF: Windows Presentation Foundation в .NET 4.5 с примерами на C# 5.0 для профессионалов. М.: Вильямс. 2013., [Мак-Donal'd M. WPF: Windows Presentation Foundation v .NET 4.5 s primerami na C# 5.0 dlya professionalov. M.: Vil'yams. 2013.]

11 Троелсен Э. Язык программирования C# 5.0 и платформа .NET 4.5. М.: Вильямс. 2015. – с 1311., [Troelsen E.H. YAzyk programmirovaniya C# 5.0 i platforma .NET 4.5. M.: Vil'yams. 2015. – s 1311.]

12 Рихтер Д. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft.NET Framework 4.5 на языке C#. СПб: Питер. 2015. – с 896 ., [Rikhter D. CLR via C#. Programmirovaniye na platforme Microsoft.NET Framework 4.5 na yazyke C#. SPb: Piter. 2015. – s 896]

Бакытова Ш.Е., ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-0815-5926>,
e-mail: bahytova0806@mail.ru

Камалова Г.А., ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-5252-4573>.
e-mail: gokhakam@gmail.com

Ұ.Е. Мухамедяр¹, А.Х. Касымова¹

¹Жәңгір хан атындағы батыс қазақстан аграрлық-техникалық университеті,
Орал қ., Қазақстан

РОБОТОТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР ЖӘНЕ МАНИПУЛЯТОРДЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРІ

Түйіндеме. Бүгінгі таңда әлем ғылыми зерттеулердің өрістерін және ақпараттық технологиялардың, компьютерлік технологиялардың, бақылау-өлшеу жүйелерінің, информатика мен басқару теорияларының соңғы жетістіктеріне негізделген заманауи роботтарды пайдалану мүмкіндіктерін кеңейтуде. Роботтар көптеген денсаулық сақтау, білім беру және қызмет көрсету салаларында кеңінен қолданылады. Қазіргі уақытта көптеген роботтар әлеуметтік салада өз қосымшаларын тапты. Соңғы жылдары робототехниканың белсенді дамуы және автоматтандырылған жүйелер саласындағы прогресс біздің өміріміздің іскерлік және жеке салаларына үлкен әсер етті. Функцияларының кең спектрі бар роботтар көптеген қызмет салаларында адамдармен таныс. Мақалада роботтарды әртүрлі мақсаттарда пайдалану туралы статистикалық мәліметтер келтірілген, сонымен қатар манипулятор роботтарының сызбасы көрсетілген.

Түйінді сөздер: робот, робототехника, манипулятор, автоматты машина, техника, бағдарлама, объект.

• • •

Аннотация. Сегодня в мире активно расширяются области научных исследований и возможности использования современных роботов на основе последних достижений информационных технологий, компьютерных технологий, контрольно-измерительных систем, информатики и теорий управления. Роботы широко используются во многих отраслях здравоохранения, образования и сферы услуг. В настоящее время большое количество роботов нашло применение в социальной сфере. В последние годы активное развитие робототехники и прогресс в области автоматизированных систем оказали большое влияние на деловую и личную сферы нашей жизни. Роботы с широким набором функций уже привычно сопровождают людей во многих сферах деятельности. В статье собраны статистические данные об использовании роботов для различных целей, при этом отображается схема роботов манипулятора.

Ключевые слова: робот, робототехника, манипулятор, глобальный робот, техника, программа.

• • •

Abstract. Today, the world is actively expanding the fields of scientific research and the possibilities of using modern robots based on the latest achievements of information technology, computer technology, control and measuring systems, informatics and

control theories. Robots are widely used in many industries in the healthcare, education and service industries. Currently, a large number of robots have found application in the social sphere. In recent years, the active development of robotics and progress in automated systems has a great impact on the business and personal areas of our lives. Robots with a wide range of functionality are already habitually accompanying humans in many fields of activity. The article contains statistical data on the use of robots for various purposes, while a diagram of the manipulator robots is displayed.

Keywords: robot, robotics, manipulator, global robot, technique, program.

Кіріспе. Робот белгілі бір дәрежеде тірі жанның, атап айтқанда адамның функционалдық мүмкіндіктерін көбейтуі керек. Сондықтан, робототехника функционалды түрде адам ағзасының кейбір маңызды жүйелеріне эквивалентті техникалық жүйелерді құрумен айналысуға арналған. Робототехника алдында тұрған қиындықтар оның даму бағытын табиғи түрде анықтайды. Робототехника дербес бөлім ретінде механикалық аяқ-қолдың дамуына байланысты механика саласын қамтиды. Белгілі бір өндірістік операцияларды орындау үшін роботтың жасанды қолын немесе аяқтарын жобалаумен, сондай-ақ өнімді өндіру технологиясын белгілі бір роботтың қол-аяқтарының мүмкіндіктеріне бейімдеумен айналысатын робототехника саласы өнеркәсіптік робототехника немесе робот технологиясы деп аталады.

Робототехникалық жүйелер – өндірістік процестерді кешенді автоматтандырудың жаңа техникалық құралы болып табылады. Оларды пайдалану кезінде көмекші және негізгі технологиялық операцияларда қол еңбегін барынша толық жоюға болады [1]. Қазіргі заманғы өндіріс үшін негізгі технологиялық процестерді жоғары автоматтандыруға болады, бірақ бұл ретте көмекші операцияларды адам қолмен орындайды. Бұл операциялар адамды шаршатады, сонымен қатар кейбір жағдайларда өте ауыр, зиянды және тіпті өмірге қауіпті болып келеді. Қазіргі уақытта оларға еңбек шығындарының айтарлықтай үлесі тиесілі. Дәстүрлі құралдармен көптеген қосалқы қол операцияларын автоматтандыру мүмкін емес. Бұл өндірістің дамуы мен қарқындылығын тежейді. Сондықтан, қозғалудың барлық дәрежелері бойынша басқарылатын жетектері бар көп буынды механизмдер болып табылатын негізгі атқарушы құрылғылар, манипуляторлар арқылы өнеркәсіптік роботтарды құруға, оларды кеңінен қолдануға қажеттілік туындады. Роботты автоматты басқару жүйесінің әрекетімен оның манипуляторлары адамның еңбек әрекеті процесінде қол қимылдарына ұқсас қозғалыстар жасайды.

Роботты басқару жүйелері көптеген операцияларды реттеуге оңай болып келеді. Осылайша, өнеркәсіптік робот цехтарда, шахталарда, су

астында және басқа да жерлерде еңбекте сақтау технологиясын жүзеге асыру және икемді автоматтандырылған өндірісті құрудың заманауи талаптарын қанағаттандыратын көп мақсатты машина болып табылады.

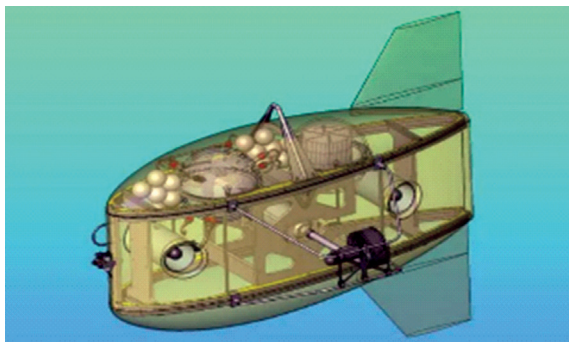
Робототехникалық жүйелердің жалпы жіктелуі туралы айтқанда, үлкен кластарды көрсетуге болады:

- манипуляциялық робототехникалық жүйелер;
- мобильді (қозғалатын) робототехникалық жүйелер;
- ақпараттық және басқарушы робототехникалық жүйелер.

Өнеркәсіптегі әртүрлі типтегі манипуляциялық робототехникалық жүйелер барынша дамыды және іс жүзінде қолдануға ие болды.

Мобильді (қозғалатын) робототехникалық жүйелер – автоматиканы басқаратын платформалар. Бұл ретте олар қозғалыс маршрутынан басқа бағдарламаланған автоматты адресстерге ие және автоматты түрде жүктеліп, түсірілуі мүмкін. Өнеркәсіптік цехтарда олар бөлшектер мен құралдарды станоктарға және станоктардан қоймаларға автоматты түрде жеткізуге арналған. Мұндай жылжымалы жүйелерде манипуляциялық механизмдер орнатылуы мүмкін. Бұл жүйелерге халық шаруашылығының әртүрлі салаларындағы автоматтандырылған қоймаларға қызмет көрсетуге арналған жылжымалы құрылғылар жатады.

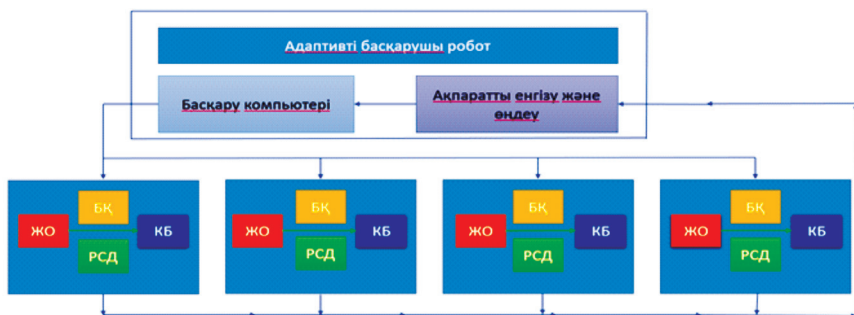
Ауыл шаруашылығы өндірісінде мобильді робототехникалық жүйелер дала және бау-бақша жұмыстарына арналған өздігінен жүретін тракторлық машиналар болып табылуы мүмкін. Мобильді жүйелер мұнай, газ өндіру қондырғыларына және металл конкрециясына қызмет көрсету мақсатында теңіз қайраңын игеру жұмыстары үшін де қажет (1 сурет).



1 сурет - Су астындағы робот

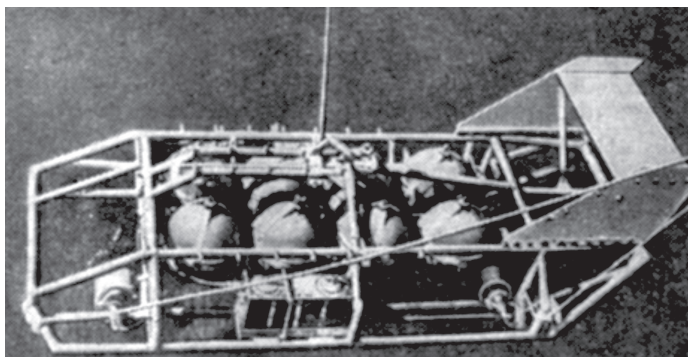
Мобильді робототехникалық жүйелерде қозғалыстың кез келген принциптерін қолданады. Олар дөңгелекті қадамды, дөңгелекті шынжыр табанды, ұшатын, жүзетін және т. б. болуы мүмкін [2].

Ақпараттық және басқару робототехникалық жүйелер ақпаратты жинауды, өңдеуді және беруді, сондай-ақ оны әртүрлі басқару сигналдарын қалыптастыру үшін пайдалануды, автоматты түрде жүргізетін өлшеу-ақпараттық және басқару құралдарының кейбір кешендерін білдіреді. Бұл өнеркәсіптік шеберханаларда адамның көмегінсіз өндіріс процесіне арналған автоматты бақылау және басқару жүйелері (2 сурет). Мұндай жүйелер автоматты жобалау жүйелерінде, техникалық және экономикалық есептеулерді жүргізуде және т. б. қолданылады.



2 сурет - Роботтарды топтық басқару схемасы

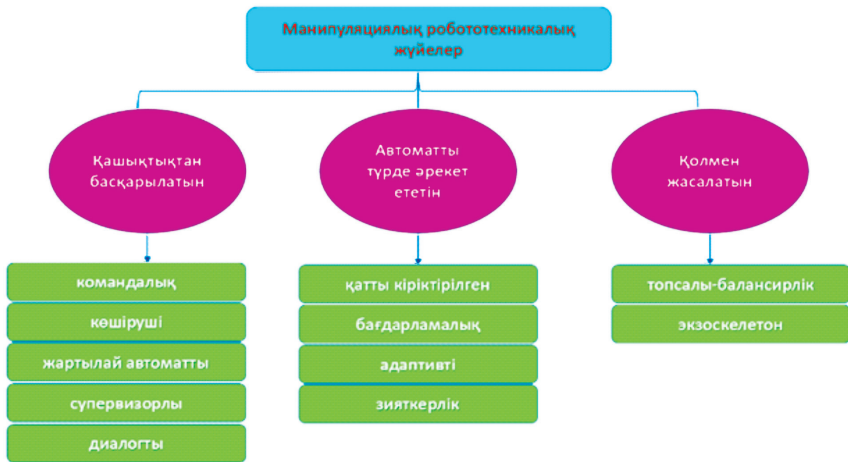
Роботтарды топтық басқару схемасы: БҚ-басқару құрылғысы; ЖО - жұмыс органы; КБ - кері байланыс; РСД-роботты сезу датчигі [3]. Су асты жағдайында бұл су қасиеттерін анықтауға арналған, мекен-жайы бойынша ақпаратты автоматты түрде бере отырып, заттарды өңдеу, табу және тану үшін арналған өлшеуіш (3 сурет) болып табылады.



3 сурет - Ақпараттық суасты робот

Манипуляциялық робототехникалық жүйелердің класын қарастырайық. Оларды үш түрге бөлуге болады:

- автоматты жұмыс істейтін роботтар, автоматты манипуляторлар және роботталған технологиялық кешендер (РТК);
- қашықтықтан басқарылатын роботтар, манипуляторлар және технологиялық кешендер;
- қол, адамның қолы, кейде аяғы қозғалысымен тікелей байланысты.



4 сурет - Манипуляциялық робототехникалық жүйелердің жіктелуі

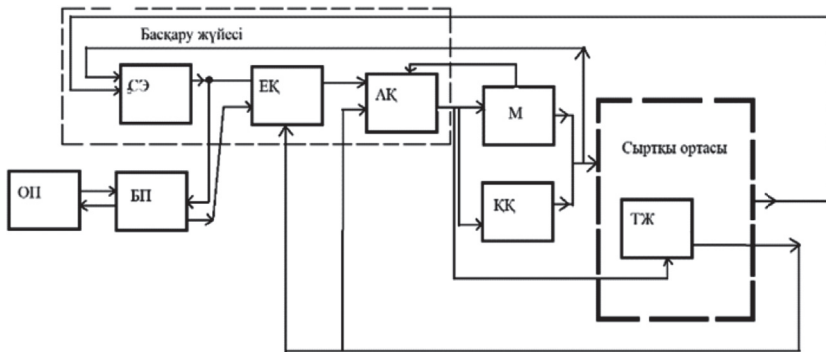
Олардың біріншісі, негізінен өнеркәсіптік өндірісте (өнеркәсіптік роботтар мен роботталған кешендер), ал екіншісі, негізінен экстремалды жағдайларда, яғни радиация, газдану, жарылыс қаупі бар, жоғары және төмен температура мен қысымдар болған кезде қолданылады. Үшінші түрі тиеу-түсіру және ауыр жұмыстар үшін қолданылады [4]. Автоматты түрде басқарылатын манипуляциялық роботтар төрт түрге бөлінеді: қатты сымды, бағдарламалық жасақтама, адаптивті және «ақылды». «Ұрпақ» терминінің орнына «буын» қолданылады. Бірақ, сымды манипуляторлар әлі робот болмағандықтан, олар нөлдік буынды білдіреді. Бағдарламалық жасақтама - бірінші буын, адаптивті - екінші буын, интеллектуалды - үшінші буын. Алайда, мұнда, компьютерлік технологиялардан айырмашылығы, бұл буындар бірін-бірі алмастырмайды, бірақ әрқайсысының ішінде дамып, қатар өмір сүреді. Демек, роботтар-

дың төртінші буыны жоқ, ал үшінші буынның жасанды интеллектісі ғылым мен техника дамыған сайын, сондай-ақ микро-компьютерлердің көбірек буынын пайдалану мүмкіндіктері бойынша шексіз дами алады. Қатты сымдармен жұмыс жасайтын манипуляторларда (4 сурет) қайта басқарылатын бағдарламалық жасақтаманың құрылғылары жоқ. Бұл механикалық қолдар (авто операторлар) болып табылады. Олар тұтастай технологиялық процестің белгілі бір бағдарламасына бағынып, қалған технологиялық жабдықтармен қатаң байланысты. Оларды қолдану, атап айтқанда, жаппай өндірістегі қол еңбегін ауыстыруға тән, мысалы, сағат зауыттарындағы механизмдерді құрастыру желілерінде. Бағдарламалық роботтар-роботтардың *бірінші буыны* барлық буындарда басқарылатын жетектерге ие және оларды басқару жүйесі әр түрлі қолмен жұмыс жасау үшін оңай қайта құрылады. Бірақ әр түзетуден кейін олар дәл сол қатаң бағдарламаны нақты орналастырылған объектілермен қатаң белгіленген ортада бірнеше рет қайталайды. Бұл қазіргі заманғы өнеркәсіптік роботтардың көпшілігі матрицаларда, престерде, станоктарда, құю машиналарында және т.б. қосалқы операцияларды орындайды. Мұндай робот бөлшектері болмаса да, бірдей қимылдарды орындайды. Сонымен қатар, бұл бөлшектердің орналасуын реттейтін технологиялық жабдықты жасауды қажет етеді. Бірақ, мұны жасау әрдайым оңай бола бермейді, ең бастысы, қатты жабдық роботты жаңа операцияларға қайта келтіруді қиындатады. Сондықтан роботтың өзін басқару жүйесін күрделендіру, яғни роботтардың екінші буынын пайдалануға көшу мақсатқа сай.

Екінші буын - бейімделгіш роботтар, яғни аз немесе көп мөлшерде, оған бейімделіп, еркін анықталған ортада жүре алатын роботтар екіншіден, адаптивті басқару сигналдарын қалыптастыру үшін сенсорлардан ақпараттарды өңдеу жүйесі арқылы, яғни манипулятор қозғалысы бағдарламасын нақты жағдайға сәйкес икемді өзгерту. Қазіргі уақытта мұндай жүйелерде ықшам микропроцессорлық құрылғылар кеңінен қолданылады. Адаптивті өнеркәсіптік роботтар қатаң түрде анықталған ортаны құру қиын болған кезде, кедергілерден аулақ болған кезде, конвейерде қозғалатын бөлшектермен монтаждау жұмыстарында, доғалық дәнекерлеуде, сырлауда, қаптауда және басқа жұмыстарда қажет. Екінші ұрпақтағы адаптивті роботтар өндірісте кеңінен дамыған және жұмыс істейді.

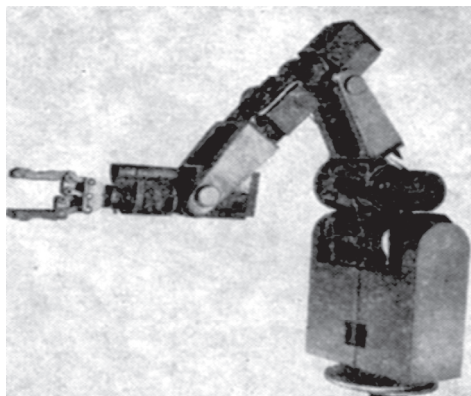
Үшінші буын - интеллектуалды роботтар - сенсоры бай, микропроцессорлық ақпараттарды өңдеу, жағдайды мойындау, белгісіз немесе өзгеретін ортада қажетті технологиялық операцияларды

орындау бойынша роботтың одан әрі әрекеттері туралы шешімді автоматты түрде генерациялау - бұл жасанды интеллект элементтері бар роботтар. Автоматты түрде жұмыс жасайтын роботтандырылған жүйенің жалпы сызбасы 5-суретте көрсетілген. Жүйеде бірнеше манипуляторлар мен технологиялық қондырғылар, сондай-ақ қозғалыс құрылғылары бар. Бұл жағдайда манипуляторлар жалпы кешеннің әр түрлі орындарында орналасуы мүмкін және олардың жеке басқару құрылғылары да, жалпы басқару жүйесі де болады.



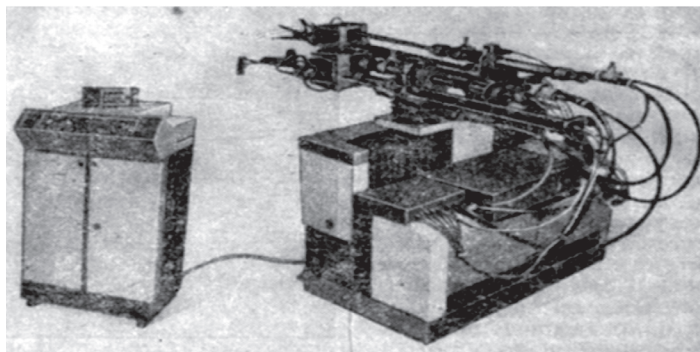
5 сурет - Автоматты түрде жұмыс жасайтын робот жүйесінің жалпы сызбасы

Автоматты түрде жұмыс істейтін робототехникалық жүйенің жалпы схемасы: СЭ-сезімтал элемент; ЕҚ - есептеу құрылғысы; ОҚ - Орындаушы құрылғы; М - манипуляторлар; Оп - оператор; БП - басқару пульті; ҚҚ- қозғалыс құрылғысы; ТҚ-технологиялық жабдық; КБ-кері байланыс. Сезімтал құрылғылар (5 сурет) екінші және үшінші буын роботтарының схемасында қолданылады. Екінші буындағы роботтарда жеке күш өлшейтін, тактильді, жарық, орналасу (ультрадыбыстық) сезімтал құрылғылар болуы мүмкін. Үшінші буынның роботтары ақпаратқа жетілдірілген микропроцессорлық өңдеу жүргізумен қатар жасанды интеллект жасайтын сезімтал құрылғылар кешеніне кіреді. Оның ішінде жеткілікті жетілдірілген техникалық роботтары болып есептеледі. Яғни, робот бұл жағдайда өзінің еңбек қызметі бойынша адамның мінез-құлқымен толықтай сәйкес келеді (алғашқы екі ұрпаққа қарағанда). Егер жұмыс режимін автоматты түрде реттеу қажет болса, сезімтал құрылғыларға өнімнің сапасын және жүйе орындайтын жұмыстың басқа элементтерін, сондай-ақ сыртқы ортаның қасиеттерін бақылауға арналған құралдар кіруі мүмкін.



6 сурет - Электромеханикалық манипулятор

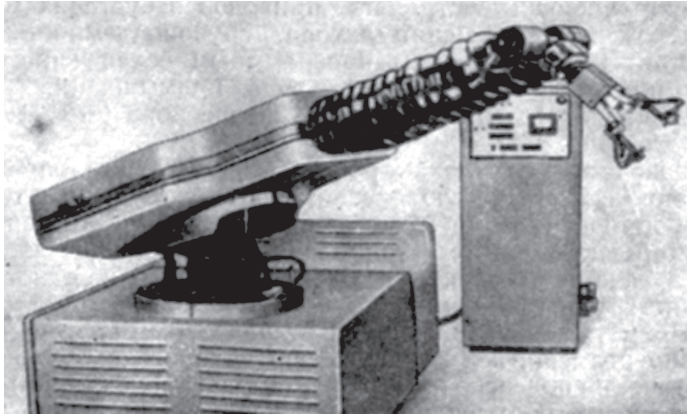
4-суретте тік сызықтар роботтардың әр түріне (буынына) бөлінетінін көрсетеді. Мұндай түрлер өте көп болуы мүмкін. Олар басқару құрылғыларын, манипуляторлардың буындарындағы жетектерді, манипулятордың буындарының санын, жүк көтергіштігін, сезіну түрін, математикалық бағдарламалық жасақтаманы және басқаларын құру принциптерімен ерекшеленеді. Өндірістік роботтардың үш түрлі типтеріне мысал келтірейік: электромеханикалық (6 сурет), пневматикалық (7 сурет) және гидравликалық (8-сурет).



7 сурет - Пневматикалық робот

Өндірістік шеберханаларда белгілі бір жұмысты орындайтын робот тиісті технологиялық жабдықтың бірыңғай жүйесіне қосылады. Сондықтан оны кешенді автоматтандырылған өндіріс желісінің эле-

менті ретінде қарастырған жөн. Сонымен қатар, көбіне бір роботты емес, олардың бүкіл тобын бірыңғай технологиялық жүйеде қолдана отырып, мәселені шешуге болады. Адамнан айырмашылығы сол, роботты шеберхана жабдықтарына қатысты кездейсоқ орналастыруға болады (еденде, қабырғада, аспаға, тіпті тікелей машинаның басына). Демек, роботтандырылған өндіріске арналған техникалық жабдықтар ең тиімді пішіндер мен өлшемдерге ие болуы мүмкін. Яғни адамның қолы немесе көзінің деңгейінде емес, жоғары кереуеттерсіз, горизонталь және вертикаль бойынша шеберхана кеңістігінде кез-келген жағдайда орналастыруға мүмкіндік бар.



8 сурет - Гидравликалық робот

Робототехникадағы прогресс-маңызды перспективаларға ие және қоғам өмірінің экономикалық және әлеуметтік аспектілерін түбегейлі өзгертуге қабілетті [5]. Робототехниканы дамытуға арналған зерттеулер әлі аз. Робототехниканы қолдану саласын талдай отырып, робот манипулятор схемасына шолу жасалады. N-дәрежелі робот манипуляторды құру үшін робот манипуляторға арналған платформаны қарастырамыз. Оның ішінде келесі компоненттер қолданылады:

- Arduino Uno;
- Trema – Power Shield;
- 5 батареялар;
- Trema-потенциометрлер.
 - платформаға төрт сервоприводтар;
 - бекітпе жиынтығы;
 - манипулятордың қаңқасы (каркас манипулятора);

- сервоприводпен қосымша сымы бар батареялық бөлік;
- бұрауыш (отвертка);

Аталған компоненттерді пайдалана отырып, программа коды жазылады. Программа алгоритмі (скетч) келесі түрде болады:

Трета-потенциометр тұтқасын бұру сервоприводты қозғалысқа әкеледі.

- Бірінші Трета-потенциометр қаламының бұрылуы негіздің бұрылуына әкеледі.

- Екінші Трета-потенциометр қаламының бұрылуы сол иықтың бұрылуына әкеледі.

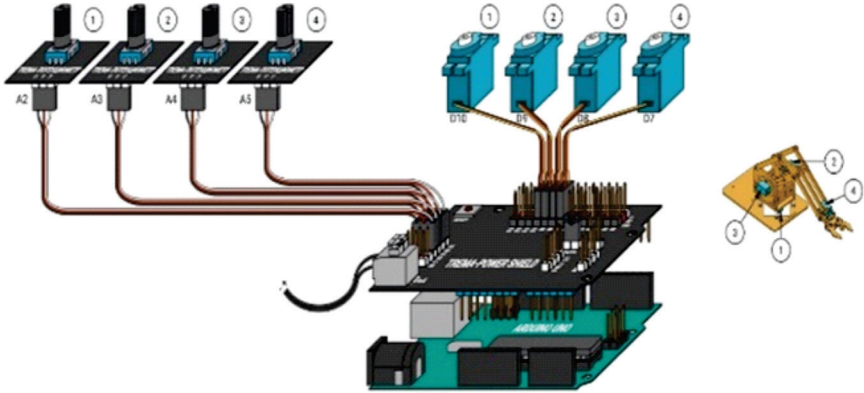
- Үшінші Трета-потенциометр қаламының бұрылуы оң иықтың бұрылуына әкеледі.

- Төртінші Трета-потенциометр тұтқасын бұру басып алу қозғалысына әкеледі.

Бағдарлама коды:

```
#include <Servo.h>;
Servo servo1;
Servo servo2;
Servo servo3;

Servo servo4;
int valR1, valR2, valR3, valR4;
Қорытындылаймыз:
const uint8_t pinR1 = A2;
const uint8_t pinR2 = A3;
const uint8_t pinR3 = A4;
const uint8_t pinR4 = A5;
const uint8_t pinS1 = 10;
const uint8_t pinS2 = 9;
const uint8_t pinS3 = 8;
const uint8_t pinS4 = 7;
void setup(){
Setup функциясының коды бір рет орындалады:
Serial.begin(9600);
servo1.attach(pinS1);
servo2.attach(pinS2);
servo3.attach(pinS3);
servo4.attach(pinS4);
}
void loop(){
valR1=map(analogRead(pinR1), 0, 1024, 10, 170); servo1.write(valR1);
valR2=map(analogRead(pinR2), 0, 1024, 80, 170); servo2.write(valR2);
valR3=map(analogRead(pinR3), 0, 1024, 60, 170); servo3.write(valR3);
valR4=map(analogRead(pinR4), 0, 1024, 40, 70); servo4.write(valR4);
Serial.println((String) «A1 = «+valR1+»,\t A2 = «+valR2+», \t A3 = «+valR3+», \t A4
= «+valR4);
}
```



9 сурет - Arduino uno схемасы

«Робот манипуляторды» іске асыру мақсатында біз нәтижеге қол жеткіземіз. Бұл робот адамның басқаруымен жұмыс жасайды. Өндірістік процесте қозғалу және басқару функцияларын орындауға арналған, яғни манипулятор мен қайта бағдарламаланған басқару құрылғысынан тұратын автоматты құрылғы, ол басқару әсерін қалыптастыратын, манипулятордың атқарушы органдарының талап етілетін қозғалысын беретін, өндіріс заттарының орнын ауыстыру және түрлі технологиялық операцияларды орындау үшін қолданылатын робот-манипулятор [6-10]. Қорыта келгенде бұл мақала робот-манипуляторды қолдана отырып, қызықты жобалар жасауға шабыттандырады деп үміттенемін. Робототехниканың дамуы Қазақстанның экономикасы үшін маңызды. Тіпті оның ажырамас бөлігі болуы тиіс. Сондай-ақ, роботтарды ғылымды қажетсінетін өндіріс үшін де АКТ ғасырында қауіпсіз пайдаланушы ретінде де дамытын болады.

Әдебиеттер

1 Ветлугин Р., Васильков А. АҚШ армиясының роботты кешендері және әскери мамандардың олардың мәселелеріне көзқарасы. Шетелдік әскери шолу. –2016. –бет 55-59.

2 Юревич Е.И. Роботтарды топтық басқару проблемасы туралы // Мехатроника, автоматика, басқару. – 2004. – №2. – бет 9-13.

3 Қалаяев И.А., Капустян С.Г., Гайдук А.Р. Желілік модель негізінде құрылған интеллектуалды топтық роботтардың үлестірілген басқару жүйелерін өздігінен ұйымдастыру // Ірі жүйелерді басқару. – 2010. – №30. – бет 605-639.

4 Крахмелов О.Н. Өндірістік роботтар мен манипуляторлы қрандардың манипуляциялық жүйелерінің динамикасын математикалық модельдеу. Брянск, БМТУ, –2012 ж. – бет 200.

5 Сухенко Н.А., Пятибратов Г.Я., Теңгерімді манипуляторларды басқару жүйесін жетілдіру // Мехатроника. – 2010. – бет 77-81.

6 Ершов М.Г Робототехника орта мектеп физикасы курсының зерттеу нысаны ретінде // Ресейдегі педагогикалық білім. – 2015. – №3. – бет 117-125.

7 Лагерев Е.А. Жылжымалы көлік және технологиялық машиналардың гидравликалық кран-манипулятор қондырғыларын жобалаудың ғылыми мәселелері // Университет ғылымының жетістіктері. – 2015. – №14. – бет 101-106.

8 Лагерев И.А. Отандық және шетелдік өндірушілердің қрандары-манипуляторларының сипаттамаларын салыстырмалы талдау // Жүк көтеру және тасымалдау бизнесі. – 2016. – №1-2. – бет 8-10.

9 Бандурин Р.А. Ресейдегі тиегіш қрандардың нарығы // Мәселелер қазіргі заманғы экономика. – 2015. – №26. – бет 138-142.

10 Лагерев А.В., Милто А.А., Лагерев И.А. Жылжымалы машиналардың гидравликалық кран-манипулятор қондырғыларының динамикалық-беріктік талдауы / А.В. Лагерев–Брянск: РИО БГУ. – 2015. – бет 186.

О ВЛИЯНИИ РАЗМЕРОВ ПИРАМИДАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПИРАМИДАЛЬНО-ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СВАЙ НА ИХ ЭНЕРГОЕМКОСТЬ И НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ

Аннотация. В статье изложены результаты забивки и статических испытаний на вдавливающие вертикальные нагрузки моделей пирамидально-призматических и призматических свай в лабораторных условиях. Установлено, что с увеличением размеров верхнего сечения пирамидального участка пирамидально-призматических свай энергетические затраты на их забивку, а также их несущая способность, повышаются. Выявлено, что энергоёмкость забивки пирамидально-призматических свай (в зависимости от длины и размера верхнего сечения пирамидальной части) может быть в 1,05-1,6 раза выше или же на 36-58% ниже, чем у призматических свай (сечением 20×20 и 30×30 см). Получена корреляционная зависимость, позволяющая обеспечивать прогноз несущей способности пирамидально-призматических свай при известных значениях несущей способности традиционных призматических свай. Выявленные особенности поведения пирамидально-призматических свай позволяют обоснованно назначать длину и размеры сечения их пирамидальной части.

Ключевые слова: пирамидально-призматическая свая, призматическая свая, удельная энергоёмкость, несущая способность, удельная несущая способность, осадка.

• • •

Түйіндеме. Мақалада бойлық пішіні әртүрлі қада модельдерін зертхана жағдайында соққылап қағу және статикалық сынау жұмыстарының нәтижелері баяндалған. Пирамидальды-призмалық қадалардың жоғары қимасының өлшемдері үлкейген сайын, қаданың қағудағы энергия шығыны және жүк көтергіш қасиеттерінің артатыны анықталды. Пирамидальды-призмалық қадаларды қағудағы жұмсалатын энергетикалық шығыны (пирамидальды бөлігінің жоғарғы қимасының өлшемдері және ұзындығына байланысты) 1,05-1,6 есе жоғары немесе призмалық қадаға қарағанда (қимасы 20×20 и 30×30 см) 36-58% төмен болады. Дәстүрлі призмалық қадалардың жүк көтеру қасиеттерінің мөндері белгілі болғанда, пирамидальды-призмалық қадалардың жүк көтеру қасиеттерін болжауға мүмкіндік беретін корреляциондық тәуелділік алынды. Пирамидальды-призмалық қадалардың ерекшеліктеріне қарай пи-

рамыдальды бөлігінің ұзындығын және қимасының өлшемдерін тағайындау анықталды.

Түйінді сөздер: модель, топырақ, қада, пирамидальды-призмалық қада, призмалық қада, меншікті энергия шығыны, жүк көтеру қасиеті, меншікті жүк көтеру қасиеті, шөгү.

• • •

Abstract. The article presents the results of driving and static tests for vertical indentation loads of pyramidal-prismatic models and prismatic piles in laboratory conditions. It was found that with an increase in the size of the upper section of the pyramidal section of pyramidal-prismatic piles, the energy costs for their driving, as well as their bearing capacity, also increase. It was revealed that the energy intensity of driving pyramidal-prismatic piles (depending on the length and size of the upper section of the pyramidal part) can be 1.05-1.6 times higher or 36-58% lower than that of prismatic piles (with a section of 20 × 20 and 30 × 30 cm). A correlation dependence has been obtained, which makes it possible to predict the bearing capacity of pyramidal-prismatic piles with known values of the bearing capacity of traditional prismatic piles. The revealed features of the behavior of pyramidal-prismatic piles make it possible to reasonably assign the length and dimensions of the section of their pyramidal part.

Keywords: pyramidal-prismatic pile, prismatic pile, specific energy intensity, bearing capacity, specific bearing capacity, settlement.

Введение. Как известно, при забивке традиционных призматических свай в верхней зоне грунтовой толщи на глубине до 1,0-1,5 м происходит значительное разрыхление грунта вокруг боковой поверхности сваи. Разуплотнение грунта идёт в результате воздействия на грунт горизонтальных колебаний верха сваи от ударов молота. Кроме того, в пределах указанной глубины между поверхностью сваи и грунтовой толщей (в контактной зоне) образуются щели (полости) шириной до 2-3 см и глубиной до 40-50 см [1,2]. Нарушение структуры грунта, снижение его природной плотности и образование щелей в верхней зоне толщи вызывают снижение несущей способности сваи по её боковой поверхности. Этих негативных явлений позволяет избежать использование забивных свай, разработанных в геотехнической лаборатории Таразского регионального университета им. М.Х. Дулати, под опоры гидротехнических сооружений [3]. Предложенные свайные конструкции обладают комбинированной (пирамидально-призматической) формой, содержащей в себе как пирамидальную (верхнюю) так и при-

зматическую (нижнюю) части. Учитывая новизну данных свай, авторами проводятся комплексные экспериментально-теоретические исследования по изучению особенностей их забивки и работы под нагрузкой.

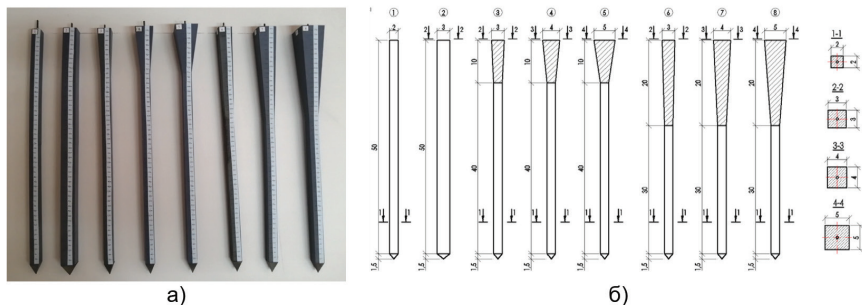
Результаты ранее выполненной расчетной оценки, представленные в работах [4,5], подтверждают, что пирамидально-призматические сваи (ППС) по сравнению со сваями призматической формы, более эффективны при воздействии статических вдавливающих нагрузок. Учитывая данное обстоятельство для количественной оценки погружаемости, энергоемкости и несущей способности рассматриваемых свай на начальном этапе НИР были проведены экспериментальные исследования на моделях в лабораторных условиях.

Цель работы – оценка влияния длины и размеров поперечного сечения пирамидальной части пирамидально-призматических свай на их энергоёмкость забивки (погружаемость) и несущую способность в лабораторных условиях с применением моделей.

Характеристика моделей свай, оборудования и методика исследований. Модели свай изготовлены методом наплавления FDM и распечатаны на 3d принтере (StratasysLtd). Расходным материалом моделей является пластик ABSPlus. Масштаб моделирования принят равным 1:10, отклонения размеров моделей, возникающие в технологическом процессе 3d-печати не превышают 0,02 мм. Модели опытных свай изготовлены с пирамидальными участками длиной 10 и 20 см. Размеры сечений пирамидальных участков моделей вверху приняты равными 30×30 мм, 40×40 мм и 50×50 мм, а в низу – 20×20 мм. Длина призматической части моделей свай составляла 40 и 30 см, а размеры сечения - 20×20 мм. Длина моделей свай принята равным 50 см.

В качестве контрольных (сравниваемых) моделей приняты: модель призматической сваи с размерами поперечного сечения 20×20 мм, модель призматической сваи с размерами поперечного сечения 30×30 мм (рисунок 1). Геометрические параметры моделей свай и их масса представлены в таблице 1.

Эксперименты проводились в грунтовом лотке, оснащенном многоцелевым навесным лабораторным оборудованием. Особенности, принцип и порядок работы использованного оборудования изложены в работе [6]. В качестве модели грунта в лотке принят послойно уплотненный насыпной грунт – песок средней крупности однородного состава. Осредненные значения влажности песчаного грунта составили 3,35-3,85%, а плотность - 1,4-1,5 г/см³.



1 - модель призматической сваи с сечением 20×20 см; 2 - модель призматической сваи с сечением 30×30 см; 3 - модель ППС размерами сечения поперу 30×30 см и пирамидальным участком длиной 1 м; 4 - модель ППС размерами сечения поперу 40×40 см и пирамидальным участком длиной 1 м; 5 - модель ППС размерами сечения поперу 50×50 см и пирамидальным участком длиной 1 м; 6 - модель ППС размерами сечения поперу 30×30 см и пирамидальным участком длиной 2 м; 7 - модель ППС размерами сечения поперу 40×40 см и пирамидальным участком длиной 2 м; 8 - модель ППС размерами сечения поперу 50×50 см и пирамидальным участком длиной 2 м.

Рисунок 1 - Общий вид (а) и схема (б) моделей свай

Таблица 1 – Геометрические параметры моделей свай и их масса

Номер и вид модели сваи	Геометрические параметры, мм			Масса, г
	длина ствола	длина остря	размеры поперечного сечения ствола	
Контрольные модели:				
1. Призматическая			20×20	270
2. Призматическая	500	15	30×30	560
Опытные модели:				
3. ППС размерами сеч. 30×30/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м;				300
4. ППС размерами сеч. 40×40/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м;				330
5. ППС размерами сеч. 50×50/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м;	500	15	-	360
6. ППС размерами сеч. 30×30/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м;				330
7. ППС размерами сеч. 40×40/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м;				360
8. ППС размерами сеч. 50×50/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м;				460

Примечание: перед чертой указаны размеры поперечного сечения пирамидального участка сваи в верхней части, а после черты – в нижней части

Модели свай погружались в грунт путём их забивки ударником примерно на одинаковую глубину при постоянной энергии каждого удара. Масса ударника принималась равной 600 г, а высота её

сбрасывания – равным 500 мм. Глубина погружения моделей свай составила 441–447 мм (максимальная разница – 1,34%). Результаты забивки опытных и контрольных моделей свай приведены в таблицах 2 и 3. При этом сравнительная оценка энергоемкости забивки моделей свай выполнялась по следующим показателям:

- удельной энергоемкости забивки E_v , принятой в виде отношения полной потенциальной энергии ударов ударника, затраченной на забивку модели, к объему её погруженной части в грунт;

- коэффициенту относительной энергоемкости забивки $K_э$, принятому в виде отношения полной потенциальной энергии ударов ударника, затраченной на забивку опытной модели сваи к аналогичному энергетическому параметру контрольной модели сваи.

Таблица 2 – Результаты забивки моделей свай

Вид модели сваи	Полная энергия ударов, затраченная на забивку E , Дж, (количество ударов)	Глубина погружения L , мм	Объем погруженной части, V , см ³	Удельная энергоемкость забивки E_v , Дж/см ³
Модель ППС с размерами сечения 30×30/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м	123,6 (42)	471	200,94	0,615
Модель ППС с размерами сечения 40×40/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м	129,5 (44)	471	214,17	0,605
Модель ППС с размерами сечения 50×50/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м	167,7 (57)	471	229,69	0,703
Модель ППС с размерами сечения 30×30/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м	132,4 (45)	470	220,83	0,560
Модель ППС с размерами сечения 40×40/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м	164,8 (56)	470	264,17	0,624
Модель ППС с размерами сечения 50×50/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м	188,3 (64)	470	316,71	0,595
Модель призматической сваи с размерами сечения 20×20 см	117,7 (40)	470	190,0	0,619
Модель призматической сваи с размерами сечения 30×30 см	294,3 (100)	470	427,5	0,688

Примечание: перед чертой указаны размеры поперечного сечения пирамидального участка сваи в верхней части, а после черты – в нижней части.

Таблица 3 – Значения коэффициентов относительной энергоёмкости забивки $K_{э}$ моделей свай

Коэффициенты относительной энергоёмкости забивки моделей	Значения коэффициентов для опытных моделей свай с размерами пирамидального участка					
	30x30/ 20x20 (1 м)	40x40/ 20x20 (1 м)	50x50/ 20x20 (1 м)	30x30/ 20x20 (2 м)	40x40/ 20x20 (2 м)	50x50/ 20x20 (2 м)
$K_{э1}$	1,05	1,10	1,42	1,12	1,40	1,60
$K_{э2}$	0,42	0,44	0,57	0,45	0,56	0,64

Примечание:

1. Коэффициенты $K_{э1}$ и $K_{э2}$ соответственно относятся к моделям призматической свай с размерами сечения 20×20 см и призматической свай с размерами сечения 30×30 см;
2. Перед чертой указаны размеры поперечного сечения пирамидального участка свай в верхней части, а после черты – в нижней части (в см);
3. В скобках представлена длина пирамидального участка свай.

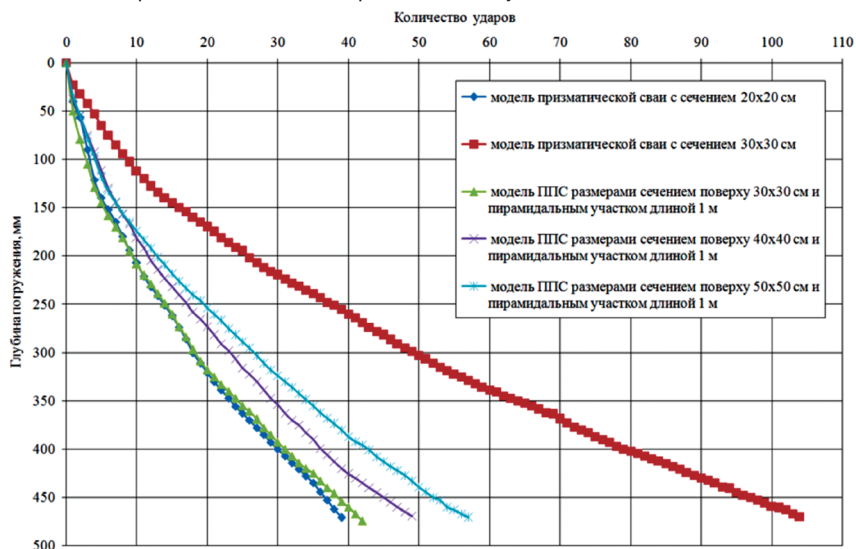


Рисунок 2 - Зависимость глубины погружения моделей свай от количества ударов

Сравнительный анализ значений полных затрат энергий $E_{и}$ удельной энергоёмкости забивки $E_{в}$ моделей опытных и контрольных свай позволяет выделить следующие закономерности (таблицы 2, 3):

- увеличение на 1 м длины пирамидального участка опытных свай сопровождается повышением полных энергетических затрат на их погружение на 7,12-27,26%;

- увеличение размеров верхнего сечения пирамидального участка опытных свай в 1,33 и 1,66 раза приводит к повышению полных энергетических затрат на их погружение соответственно на 4,77-24,47% и 35,68-42,22%;

- среди опытных свай наибольшие полные энергетические затраты характерны для свай с длиной пирамидального участка 2,0 м и размерами верхнего сечения 50×50 см;

- полные энергетические затраты на забивку опытных свай 1,05-1,6 раза выше, чем на забивку призматической сваи с размерами сечения 20×20 см и на 36-58% меньше, чем на погружение призматической сваи с размерами сечения 30×30 см;

- удельная энергоёмкость свай с длиной пирамидального участка 1 м (0,605 до 0,703 Дж/см³) несколько выше, чем у свай с пирамидальным участком длиной 2 м (0,560-0,624 Дж/см³); (рисунок 3)

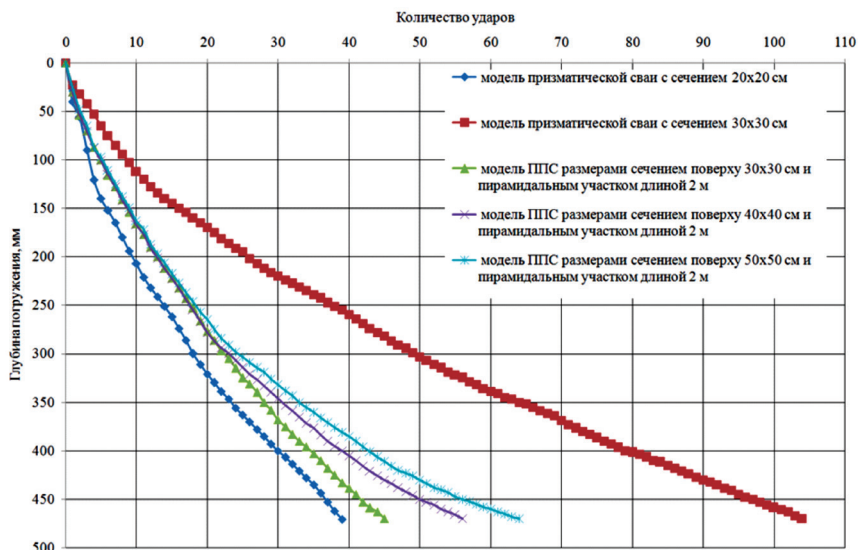


Рисунок 3 - Зависимость глубины погружения моделей свай от количества ударов

Для оценки несущей способности моделей свай выполнены их статические испытания на действие вертикальных вдавливающих нагрузок. Вдавливающая нагрузка передавалась на модели свай в ступенчато-возрастающем режиме с обеспечением условной стабилизации их осадок в соответствии с требованиями ГОСТ 5686-2012 [6]. Статическая загрузка моделей производилась до осадок не менее 40 мм.

Результаты испытаний представлены на рисунке 3 и в таблицах 4-6. Сравнительная оценка сопротивляемости моделей свай действию вдавливающей нагрузки, выполнялась по следующим показателям:

- несущей способности F_d , устанавливаемой с учетом требований СП РК 5.01-103-2013 [7,8];

- удельной несущей способности F_d^y , принятой в виде отношения несущей способности модели сваи к объему ее погруженной части в грунт;

- коэффициенту относительной эффективности моделей по несущей способности K_n принятому в виде отношения несущей способности опытной модели сваи к аналогичному силовому параметру контрольной модели сваи.

Таблица 4 – Значения несущей F_d и удельной несущей способности F_d^y моделей свай

Вид модели сваи	Несущая способность модели сваи, F_d , Н, при осадке		Удельная несущая способность модели сваи, F_d^y , Н/см ³ , при осадке	
	20 мм	40 мм	20 мм	40 мм
Модель ППС размерами сеч. 30×30/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м	151,2	176,3	0,752	0,877
Модель ППС размерами сеч. 40×40/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м	193,2	226,1	0,902	1,05
Модель ППС размерами сеч. 50×50/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м	284,0	332,1	1,24	1,44
Модель ППС размерами сеч. 30×30/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м	200,1	226,3	0,906	1,02
Модель ППС размерами сеч. 40×40/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м	300,2	332,5	1,14	1,26
Модель ППС размерами сеч. 50×50/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м	430,0	470,1	1,36	1,48
Модель призматической сваи с размерами сечения 20×20 см	105,1	117,2	0,553	0,617
Модель призматической сваи с размерами 30×30 см	231,3	245,1	0,541	0,573

Примечание: перед чертой указаны размеры поперечного сечения пирамидального участка сваи в верхней части, а после черты – в нижней части.

Таблица 5 – Значения коэффициентов относительной эффективности моделей свай по несущей способности $K_{н}$ при осадке 20 мм

Коэффициенты относительной энергоёмкости забивки моделей	Значения коэффициентов для опытных моделей свай с размерами пирамидального участка					
	30x30/ 20x20 (1 м)	40x40/ 20x20 (1м)	50x50/ 20x20 (1м)	30x30/ 20x20 (2м)	40x40/ 20x20 (2м)	50x50/ 20x20 (2м)
$K_{н1}$	1,44	1,84	2,70	1,90	2,85	4,10
$K_{н2}$	0,65	0,83	1,23	0,86	1,30	1,86

Примечание:

1. Коэффициенты $K_{н1}$ и $K_{н2}$ соответственно относятся к модели призматической сваи с размерами сечения 20x20 см и модели призматической сваи с размерами сечения 30x30 см;
2. Перед чертой даны размеры поперечного сечения пирамидального участка сваи в верхней части, а после черты – в нижней части (в см);
3. В скобках представлена длина пирамидального участка сваи.

Таблица 6 – Значения коэффициентов относительной эффективности моделей свай по несущей способности $K_{н}$ при осадке 40 мм

Коэффициенты относительной энергоёмкости забивки моделей	Значения коэффициентов для опытных моделей свай с размерами пирамидального участка					
	30x30/ 20x20 (1м)	40x40/ 20x20 (1м)	50x50/ 20x20 (1м)	30x30/ 20x20 (2м)	40x40/ 20x20 (2м)	50x50/ 20x20 (2м)
$K_{н1}$	1,50	1,93	2,83	1,93	2,84	4,01
$K_{н2}$	0,72	0,92	1,35	0,92	1,36	1,92

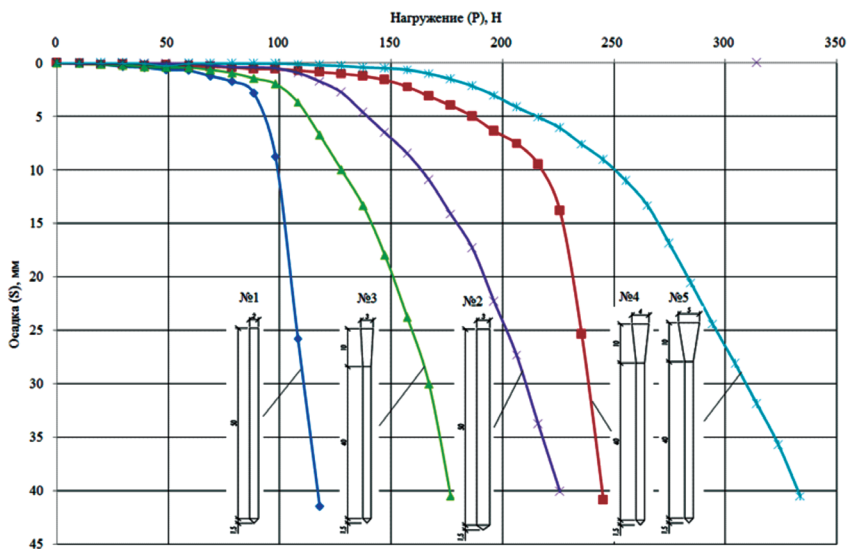
Примечание:

1. Коэффициенты $K_{н1}$ и $K_{н2}$ соответственно относятся к модели призматической сваи с размерами сечения 20x20 см и модели призматической сваи с размерами сечения 30x30 см;
2. Перед чертой указаны размеры поперечного сечения пирамидального участка сваи в верхней части, а после черты – в нижней части (в см);
3. В скобках приведена длина пирамидального участка сваи.

Сравнение значений несущей способности моделей опытных и контрольных свай позволяет установить следующие особенности (таблицы 4-6):

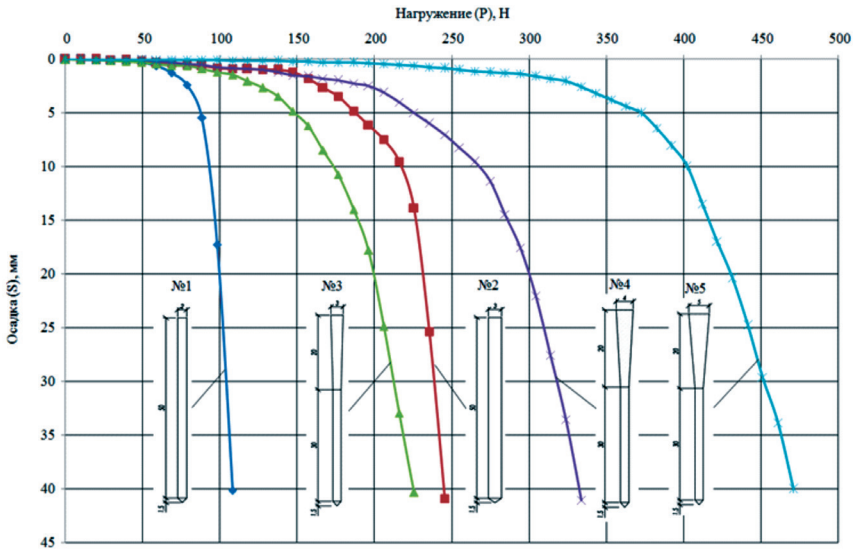
- увеличение длины пирамидального участка опытных свай на 1 м вызывает повышение их несущей способности на 32,34-55,38% при осадках 20 мм и на 28,36-47,06% при осадках 40 мм;
- увеличение размера поперечного сечения пирамидального участка опытных свай в 1,33 и 1,66 раза сопровождается повышением их несущей способности соответственно на 27,77-50,02 и 87,83-114,95% при осадках 20 мм, и на 28,25-46,92 и 88,37-107,73% при осадках 40 мм;
- увеличение длины пирамидального участка опытных свай на 1 м приводит к повышению их удельной несущей способности на 9,68-26,38% при осадках 20 мм и на 2,77-20,0% при осадках 40 мм;

- увеличение размера поперечного сечения пирамидального участка опытных свай в 1,33 и 1,66 раза обеспечивает повышение их удельной несущей способности соответственно на 19,95-25,83% и 50,11-64,89% при осадках 20 мм, и на 19,73-23,53 и 45,1-64,20% при осадках 40 мм;
- удельная несущая способность опытных свай в 1,36-2,46 раза выше, чем удельная несущая способность призматической сваи с размерами сечения 20×20 см, и в 1,30-2,58 раза выше, чем у призматической сваи с размерами сечения 30×30 см;
- несущая способность опытных свай превышает несущую способность призматической сваи с размерами сечения 20×20 см в 1,44-4,1 раза при осадках 20 мм и в 1,5-4,01 раза при осадках 40 мм;
- в зависимости от длины и размеров сечения пирамидального участка несущая способность опытных свай может быть в 1,23-1,92 раза выше или на 8-35% меньше несущей способности призматической сваи с размерами сечения 30×30 см (рисунок 4,5).



1 - модель призматической сваи с сечением 20×20 см; 2 - модель призматической сваи с сечением 30×30 см; 3 - модель ППС размерами сечения поверху 30×30 см и пирамидальным участком длиной 1 м; 4 - модель ППС размерами сечением поверху 40×40 см и пирамидальным участком длиной 1 м; 5 - модель ППС размерами сеч. поверху 50×50 см и пирамидальным участком длиной 1 м.

Рисунок 4 - Зависимость осадки моделей свай от статической вдавливающей нагрузки



1 - модель призматической сваи с сечением 20×20 см; 2 - модель призматической сваи с сечением 30×30 см; 3 - модель ППС размерами сечения поверху 30×30 см и пирамидальным участком длиной 2 м; 4 - модель ППС размерами сечением поверху 40×40 см и пирамидальным участком длиной 2 м; 5 - модель ППС размерами сечения поверху 50×50 см и пирамидальным участком длиной 2 м.

Рисунок 5 - Зависимость осадки моделей свай от статической вдавливающей нагрузки

Данные представленные в таблицах 5 и 6 математически описывают следующей полиномиальной функцией второго порядка

$$K_n = an^2 - \nu n + c, \quad (1)$$

где: K_n - коэффициент относительной эффективности несущей способности ППС; n - размер поперечного сечения верхней части пирамидального участка ППС; a, ν и c - коэффициенты, принимаемые по таблицам 7 и 8.

Показатели величины достоверности аппроксимации R^2 экспериментальных данных по формуле (1) равны 1,0, что свидетельствует о её высокой надежности. Формула может быть использована для прогноза несущей способности опытных свай при известных значениях несущей способности контрольных свай.

Таблица 7 – Значения коэффициентов a , b и c в формуле (1) при осадке 20 мм

Коэффициенты относительной эффективности несущей способности свай	Значения коэффициентов					
	a , 1/м ² , (1 м)	b , 1/м, (1 м)	c (1 м)	a , 1/м ² , (2 м)	b , 1/м, (2 м)	c (2 м)
$K_{н1}$	0,23	0,29	1,5	0,15	0,5	1,25
$K_{н2}$	0,11	0,15	0,69	0,06	0,26	0,54

Примечание: в скобках указана длина призматического участка сваи.

Таблица 8 – Значения коэффициентов a , b , c в формуле (1) при осадке 40 мм

Коэффициенты относительной эффективности несущей способности свай	Значения коэффициентов					
	a , 1/м ² , (1 м)	b , 1/м, (1 м)	c (1 м)	a , 1/м ² , (2 м)	b , 1/м, (2 м)	c (2 м)
$K_{н1}$	0,235	0,275	1,54	0,13	0,52	1,28
$K_{н2}$	0,115	0,145	0,75	0,06	0,26	0,6

Примечание: в скобках указана длина призматического участка сваи.

Выводы. На основе представленных результатов исследований можно сформулировать следующие основные выводы:

- энергетические затраты на забивку пирамидально-призматических свай, а также их сопротивляемость действию вдавливающей вертикальной нагрузки зависят от длины и размеров поперечного сечения верха пирамидального участка, с увеличением которых энергоёмкость погружения и несущая способность опытных свай повышаются;

- при одинаковой глубине забивки и при одинаковых осадках свай несущая способность пирамидально-призматических свай выше, чем у призматической сваи сечением 20×20 см, а по сравнению с призматической сваей сечением 30×30 см может быть как больше, так и меньше в зависимости от длины и размеров сечения пирамидального участка опытных свай.

Выявленные характерные особенности поведения пирамидально-призматических свай позволят обоснованно назначать длину и размеры сечения их пирамидальной части.

Список литературы

1 Бекбасаров И.И., Исаков Г.И., Аманбай А. Оценка влияния параметров свай и штампов на их погружаемость и несущую способность фундаментных конструкций. – Тараз: Издательство «Тараз университети», 2014. – 146 с., [Bekbasarov I.I., Isakov G.I., Amanbay A. Otsenka vliyaniya parametrov svaj i shtampov na ikh poguzhhaemost' i nesushhuyu sposobnost' fundamentnykh konstruksij. – Tараz: Izdatel'stvo «Taraz universiteti», 2014. – 146 s.]

2. *Медведева О.П., Буланкин Н.Ф.* Определение несущей способности пирамидально-призматических свай по результатам динамических испытаний // Труды международного семинара по механике грунтов, фундаментостроению и транспортным сооружениям. - М.: РИО ППИ, 2000. - С.196-199. [Medvedeva O.P., Bulankin N.F. Opredelenie nesushhej sposobnosti piramidal'no-prizmaticheskikh svaj po rezul'tatam dinamicheskikh ispytanij // Trudy mezhdunarodnogo seminaru po mekhanike gruntov, fundamentostroeni i transportnym sooruzheniyam. - M.: RIO PPI, 2000. - S.196-199]

3. Патент на полезную модель Республики Казахстан №4521. Забивная железобетонная свая/ И.И. Бекбасаров, Н.А. Шаншабаев. Дата регистрации в Государственном реестре полезных моделей Республики Казахстан: 29.11.2019г., [Patent na poleznuyu model' Respubliki Kazakhstan №4521. Zabivnaya zhelezobetonnaya svaya/ I.I. Bekbasarov, N.A. SHanshabaev. Data registratsii v Gosudarstvennom reestre poleznykh modelej Respubliki Kazakhstan: 29.11.2019g.]

4. *Бекбасаров И.И., Шаншабаев Н.А.* О расчетной оценке несущей способности забивных свай с пирамидальным участком ствола // Сборник материалов IV Глобальная наука и инновации 2019: Центральная Азия Международная научная практическая конференция. – Астана, 2019. – С.10-15.. [Bekbasarov I.I., SHanshabaev N.A. O raschetnoj otsenke nesushhej sposobnosti zabivnykh svaj s piramidal'nym uchastkom stvola // Sbornik materialov IV Global'naya nauka i innovatsii 2019: TSENtral'naya Aziya Mezhdunarodnaya nauchnaya prakticheskaya konferentsiya. – Astana, 2019. – S.10-15.]

5 *Бекбасаров И.И., Шаншабаев Н.А.* О несущей способности пирамидально-призматических свай// «I Международное книжное издание стран Содружества Независимых Государств «Лучший молодой ученый - 2020». – г. Нур-Султан, 2020 г. – С.79-83., [Bekbasarov I.I., SHanshabaev N.A. O nesushhej sposobnosti piramidal'no-prizmaticheskikh svai// «I Mezhdunarodnoe knizhnoe izdanie stran Sodruzhestva Nezavisimykh Gosudarstv «Luchshij molodoy uchenyj - 2020» g. Nur-Sultan, 2020 g. – S.79-83]

6 *Бекбасаров И.И., Атепов Е.И., Шаншабаев Н.А.* О лабораторном оборудовании для забивки и испытаний моделей свай // Механика и технологии / Научный журнал – 2019. – №4. – С.125-133./ [Bekbasarov I.I., Atenov E.I., SHanshabaev N.A. O laboratornom oborudovanii dlya zabivki i ispytanij modelej svaj // Mekhanika i tekhnologii / Nauchnyj zhurnal. – 2019. – №4. – S.125-133]

7 ГОСТ 5686-2012 Грунты. Методы полевых испытаний сваями. Межгосударственный стандарт. – М.: Стандартинформ, 2014. – 47 с., [GOST 5686-2012 Grunty. Metody polevykh ispytanij svayami. Mezhhgosudarstvennyj standart. – M.: Standartinform2014. – 47 s]

8 СП РК 5.01-103-2013. Свайные фундаменты. – Астана: АО «КазНИИСА», 2015. – 181 с., [SP RK 5.01-103-2013. Svajnye fundamenty. – Astana: AO «KazNIISA», 2015. – 181 s.]

Бекбасаров И.И., доктор технических наук, профессор, академик национальной академии горных наук РК.

e-mail: bekbasarov.isabai@mail.ru

Шаншабаев Н.А., PhD докторант. тел: 87072260591.

e-mail: nucho91@mail.ru

A. Kadirova¹, A. Turgunova¹

¹Rudny Industrial Institute, Rydny c., Kazakhstan

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM IN CONSTRUCTION

Abstract. The article describes the advantages of a construction company that has implemented a quality management System that allows you to streamline the activities of companies in the construction industry, which is one of the most complex in terms of the number of participants and stakeholders (customers, developers, contractors, subcontractors, credit organizations, authorities and supervisors, operators, the population, etc.), as well as in terms of existing technologies, regulatory documentation, and constantly changing legislation.

Keywords: construction, quality, system, management, company, consumers, customers, contractors.

• • •

Аннотация. В статье описаны преимущества строительной компании, внедрившей систему менеджмента качества, позволяющую оптимизировать деятельность предприятий строительной отрасли, которая является одной из наиболее сложных с точки зрения количества участников и заинтересованных сторон (заказчиков, застройщиков, подрядчиков, субподрядчиков, кредитных организаций, органов власти и надзора, операторов, населения и др.), а также с точки зрения существующих технологий, нормативной документации и постоянно меняющегося законодательства.

Ключевые слова: строительство, качество, система, управление, компания, потребители, заказчики, подрядчики.

• • •

Түйіндеме. Мақалада қатысушылар мен мүдделі тараптар (тапсырыс берушілер, құрылыс салушылар, мердігерлер, қосалқы мердігерлер, кредиттік ұйымдар, билік және қадағалау органдары, операторлар, халық және т.б.) саны тұрғысынан, сондай-ақ қолданыстағы технологиялар, нормативтік құжаттама және үнемі өзгеріп отыратын заңнама тұрғысынан ең күрделілерінің бірі болып табылатын құрылыс саласы кәсіпорындарының қызметін оңтайландыруға мүмкіндік беретін сапа менеджменті жүйесін енгізген құрылыс компаниясының артықшылықтары сипатталған.

Түйінді сөздер: құрылыс, сапа, жүйе, басқару, компания, тұтынушылар, тапсырыс берушілер, мердігерлер.

Introduction. The quality management system (QMS) is an integral part of the overall enterprise management system, which must ensure the stability of the products quality or services and increase customer

satisfaction. What is quality? Modern management specialists consider the concept of quality in four aspects, which reflect the evolution of the definition of the concept of quality with the development of not only production technologies, but also management science. Half a century ago, the civilized world considered a product to be of high quality if it meets the standards. Over time, it turned out that this was not enough. Then they expanded the definition of quality, now the product must correspond to consumption, i.e. if the product meets the standards, but is not demanded by consumers, it is not of high quality. Then, in the 1980s, they came to the conclusion that a product cannot be called quality if it cannot be used. The quality must be appropriate for the application. And, finally, these days a product is called a quality product if, in addition to all of the above, it meets the expected needs of the consumer.

Currently, in Kazakhstan, construction companies increasingly face the problem of effective personnel management to solve the assigned tasks. The problem is that there is no clear relationship between company management systems and systems approaches. The work of a construction organization depends on a number of external and internal factors that affect its activities. Successful management and prevention of negative impact on the activities of a construction organization from the market and internal economic and economic factors is possible with the help of effective company management mechanisms, one of which is the quality management system (QMS). The QMS provides stable and successful management, as well as the activities of the company. The QMS is aimed at ensuring the effectiveness of the organization's performance, by focusing not only production, but also managerial and organizational processes to meet customer requirements, which in turn leads to a decrease in non-productive costs and an improvement in the quality of products and services provided.

Material and method. Certification of quality management systems indicates that the company strictly adheres to the requirements of international quality standards. The quality management system of a construction organization is a kind of declaration on the control and rejection of defects in products or services. The company has a certificate of the quality management system of a construction organization, which was created based on ISO 9000 standard, acts as a guarantor of product quality and shows a high level of production. Such companies are the most competitive [1].

To help achieve quality goals, eight management principles have been defined: customer orientation; Leadership of the leader; Involvement

of workers; Process approach; Systematic approach; Continuous improvement; Making decisions based on facts; Mutually beneficial supplier relationships.

Consumer (customer) orientation. Quality is the fulfillment of customer requirements. Organizations depend on their customers and therefore they must understand their present and future needs, meet customer requirements and strive to exceed their expectations. Leadership. Leaders determine the unity of purpose, direction, and internal spirit of the organization.. They create an environment in which people become fully involved in achieving the organization's stated goals. Setting goals and analyzing their implementation by management should be a constant element of the activities of the head of the organization.

The role of senior management in the QMS:

- 1) developing and maintaining the organization's quality policy and objectives;
- 2) promoting the quality policy and objectives throughout the organization to increase awareness, motivation and employee engagement;
- 3) ensuring customer orientation throughout the organization;
- 4) ensuring that processes are implemented to meet customer and other interested party requirements and quality objectives;
- 5) ensuring the development, implementation and maintenance of an effective (and efficient) QMS;
- 6) provision of the necessary resources;
- 7) conducting periodic analysis of the QMS;
- 8) making decisions regarding the quality policy and objectives;
- 9) making decisions on measures to improve the QMS.

The main responsibility of the head of the organization is to create a profitable business, attract and increase the number of consumers. Activities to take into account the interests of consumers, to ensure product quality, to reduce the cost and duration of work is directly related to the quality system and should be led by the head of the organization. The CEO should distribute quality issues among subordinates and create a quality management system in which employees interact with each other without direct management intervention. The head of the organization is a system leader who is engaged in improving the quality management system, since most problems with product quality arise at the junctions between departments, processes and sub-processes of product creation. The CEO is responsible for restoring the integrity of

each specific process, coordinates the entire system of processes and sub-processes to create products or providing services [2].

The head of the organization should lead the work on the creation of the quality system, analyze how it works, plan measures to improve it, but not intervene in the elimination of specific product defects. To create the system, the CEO appoints a management representative responsible for the operation of the system and creates a system performance review team (internal audit team). Involvement of workers. Employees at all levels of the organization are at the heart of the organization, and only their full involvement makes it possible to use their abilities to the maximum benefit for the organization.

Ways to achieve the implementation of the QMS:

teamwork;

using the project as an organizational form;

delegation of authority, providing all team members with a real opportunity to participate in management;

transformation of employees into employees.

Process approach. The desired result is achieved more efficiently if the necessary resources and actions are managed as a single process. A process is any action that takes input elements and transforms them into outputs. The process must have a master (owner). Requirements for a quality management system orient an organization towards adopting a process approach when developing, implementing and improving the effectiveness of a quality management system in order to increase customer satisfaction by fulfilling its requirements. In order for an organization to function effectively, it must identify a set of interrelated processes and manage it. The application of a system of processes within the organization of a building complex together with the identification (definition) of these processes, their interaction and management of these processes can be called a "process approach". The advantage of the process approach is the ability to carry out day-to-day management through communication between individual processes within the process system, as well as through their association and interaction.

Conclusions. Business processes are characterized by the fact that they have a specific consumer willing to pay for their results. They create a result (a completed building or structure, a separate type of construction and installation work, design and estimate documentation, service for installing windows, etc.), which is valuable for the organization itself,

the customer or the consumer [3]. The quality management system in construction is a product of our time. This is a modern tool for ensuring high-quality execution of construction work, eliminating all kinds of risks that threaten the safe operation of the constructed facilities. Construction is traditionally one of the largest sectors of the country's economy, solving many tasks of a state nature - GDP growth, and a social nature - civil construction and housing repair. Therefore, it is very important for this industry to function effectively, including through a process such as the implementation of a quality management system. The quality management system in construction allows to overcome the negative effect of factors that limit the business activity of construction organizations in various areas of manifestation [4].

In a construction organization, the following external processes can be defined: performance of subcontracted works; management of mechanization; maintenance of the building, computer and office equipment; purchases; staffing; accounting activities; marketing research; staff development; legal and security services [5-10]. What does the QMS give to the consumer? First of all, the confidence that the manufacturer is focused on continuous quality improvement and satisfaction of his needs and expectations. The formal confirmation that the company has really implemented a quality management system and it complies with international standards is a certificate for the management system issued by an independent certification body.

References

- 1 *Eggert, M.* Management system: Approaches to implementation // Standards and quality. - 2000. -№2.-p. 34-37.
- 2 *Molchanov, A. Yu.* Experience in quality management at a construction enterprise // Certification. - 2003. —№. 1.-p. 23-24. UDC 620.9: 314.17
- 3 *Podolskiy, M.* On meeting customer requirements // Standards and quality. - 2003. - №. 3. - p. 86-87.
- 4 *Cherkassky, S.* 180-9000: who needs it? // New markets. -2001. - №. 1. - p. 16-18.
- 5 Development and certification of quality systems in Russia. Strategy, problems, services market: Collection of articles and reference materials for the implementation of ISO 9000 series standards, version 2000 / comp. I. V. Matveeva. - M.: RIA "Standards and Quality", 2001. - p. 7-8.
- 6 *Mazanik N. T.* Features of construction organizations. //Konsaliding Analyst, 2003, №3. – S. 10-17.
- 7 *Murashko, O. V.,* Experts are looking for ways to improve the quality of

construction, [Electronic resource]: Information portal of self-regulatory organizations. – 03. 2012. – Mode of access: <http://sroportal.ru/publications/eksperty-ish-hut-puti-povysheniya-kachestva-stroitelstva> (date accessed: 24.01.2019).

8 *Popov Yu. I.* Quality Management in construction: tutorial [Electronic resource] - access Mode: [http://www.vgasu.ru/ attachments/oi-popov-01](http://www.vgasu.ru/attachments/oi-popov-01). (accessed 01.02.2019).

9 *Saruev L. V.* Quality Management of production in construction [Electronic resource] – Mode of access: http://window.edu.ru/resource/802/37802/files/m_ukp03.pdf (date accessed: 04.02.2019).

10 Improve quality – a major concern of builders, [Electronic resource]: Electronic magazine «Time of innovations» – 2012. – N 1. – Mode of access: <http://time-innov.ru/page/jurnal/2012-5/rubric/6/article/29> (date accessed: 02.02.2019).

Kadirova A., e-mail: kadirova_asev@mail.ru, anjelashop@mail.ru

Turgunova A., master of arts in translation studies, teacher

Б.Б. Унайбаев¹, Б.Ж. Унайбаев², А.Ш. Ищанова²

¹Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, Казахстан,

²Экибастузский инженерно-технический институт им. академика К. Сатпаева,
г. Экибастуз, Казахстан

УПРЕЖДАЮЩИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ЗАСОЛЕННЫХ ПЫЛЕВАТО- ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ

Аннотация. В условиях современной интенсивной массовой застройки территорий, сложенных засоленными пылевато-глинистыми грунтами (ЗПГГ), становятся не оправданными жесткие требования регламента. Это зачастую колоссальные расходы на замену ЗПГГ в основании, водозащитные мероприятия, химическое закрепление, устройство искусственных оснований, применение забивных и набивных свай-стоек с обмазочным покрытием. При этом известный опыт эксплуатации зданий и сооружений (ЗС) на ЗПГГ свидетельствует о том, что многие объекты претерпевают аварийные осадки, превышающие проектные в 1,5...3 раза и более. Предполагается, что низкое качество эксплуатации ЗС на ЗПГГ обусловлено несовершенством технологического комплекса по возведению объектов на ЗПГГ, а именно – изысканий, проектирования и строительства. Цель исследования – разработка упреждающего технологического комплекса по возведению объектов на ЗПГГ для повышения несущей способности и долговечности фундамента. **Ключевые слова:** технология, изыскание, проектирование, строительство, регламент, адаптация.

• • •

Түйіндеме. Тұзды шаңды-сазды топырақтардан (ТШСТ) тұратын аумақтарды қазіргі заманғы қарқынды дамыту жағдайында ережелердің қатаң талаптары негізсіз болып қалады. Бұл көбінесе базадағы тұзды шаңды-сазды топырақты ауыстыруға, суды қорғау шараларына, химиялық консолидацияға, жасанды іргетастарды орнатуға, жабынды жабындысы бар қозғалмалы және рамалық қадаларды пайдалануға үлкен шығындар. Сонымен қатар, тұзды шаңды-сазды топырақтардағы ғимараттар мен құрылыстарды (ФҚ) пайдалану тәжірибесі көптеген объектілерге төтенше жауын-шашынның жобалық мөлшерден 1,5 ... 3 есеге немесе одан көп асатындығын көрсетеді. Тұзды сазды-сазды топырақтардағы ғимараттар мен құрылыстардың операциясының төмен сапасы тұзды шаңды-сазды топырақтарда объектілерді салуға арналған технологиялық кешеннің жетілдірілмегендігімен, яғни іздестіру, жобалау және құрылысы-

Источник финансирования исследований. Работа выполнена согласно многочисленных целевых и комплексных НТП Госстроя, Госплана и Госкомитета по науке и технике по 1985-1990 г.г. по проблеме 0.55.18 задания 04.01.07, гос. заказом РК №241, РК 014 по 2011-2020 г.г., планами НИР КазГТУ и ЕИТИ им.ак. К.Сатпаева.

мен байланысты деп болжануда. Зерттеудің мақсаты - іргетастың көтергіштігі мен беріктігін арттыру үшін тұзды шаңды-сазды топырақтарда құрылыстар салуға арналған проактивті технологиялық кешен құру.

Түйінді сөздер: технология, іздестіру, жобалау, құрылыс, регламент, бейімделу.

• • •

Abstract. In the conditions of modern intensive mass development of territories composed of saline silty-clay soils, strict requirements of the regulations are not justified. This is often a huge expense for the replacement of SSCS in the base, water protection measures, chemical fixing, the device of artificial bases, the use of driven and stuffed piles-racks with a coating. At the same time, the well-known experience in the operation of buildings and structures (BS) at SSCS indicates that many objects undergo emergency precipitation exceeding the design by 1.5...3 times or more. Supposed low quality of the BS on SSCS due to the imperfection of the technological complex for the construction in SSCS, namely survey, design and construction. The purpose of the research is to develop a proactive technological complex for the construction of objects on the SSCS to increase the load-bearing capacity and durability of the Foundation.

Keywords: technology, research, design, construction, regulations, adaptation.

Введение. Засоленные пылевато-глинистые грунты (ЗПГГ) различного типа и степени засоления, широко распространены на земном шаре. Они залегают в южном регионе стран СНГ, в Азии, Африке, Латинской Америке. В Средней Азии и Казахстане практически 3-я часть всех площадей сложена ЗПГГ (рисунок 1). Кроме того, известно, что площадь ЗПГГ на земном шаре катастрофически расширяется. Об этом свидетельствуют данные международной организации ЮНЕСКО.

Возведение зданий и сооружений (ЗС) на ЗПГГ в соответствии с регламентом, связано с повышением материальных и трудовых затрат на 5...25% при сопоставлении со строительством на обычных грунтах. Это обусловлено слабой изученностью строительных свойств ЗПГГ и отсутствием эффективных и надежных способов устройства оснований и фундаментов в этих грунтах. Однако, несмотря на колоссальные расходы при возведении ЗС на ЗПГГ, опыт их эксплуатации свидетельствует о том, что многие объекты претерпевают развитие неравномерных аварийных осадок превышающих проектные в 1,5...3 раза и более. Так, например из 960 обследованных гидромелиоративных и гидротехнических сооружений на ЗПГГ в республиках Средней Азии и Казахстане на 350 наблюдалось развитие осадок, превышающих проектные. Многочисленные аварийные осадки ЗС на ЗПГГ известны в гг. Н.Узене (30 объектов), Жезказгане (более 15), Балхаше (3), Караганде (10), Ереване (более 200), Ташкенте, Волгодонске, Запорожье и др.

Сложившийся в настоящее время затратный механизм строительства и эксплуатации ЗС на ЗПГГ заключается в устранении последствий развития аварийных деформаций. При этом затраты на восстановление, ремонт и усиление аварийных объектов на ЗПГГ зачастую превышают капитальные затраты на их строительство в 1,5-2 раза и более [1], а это убытки в миллионы и миллиарды тенге.

Цель исследования. Найти упреждающие конструктивно-технологические решения (КТР) по возведению ЗС на ЗПГГ в области изысканий, проектирования и строительства для обеспечения долговечности и несущей способности фундаментов.



1 - хлоридное и сульфатно-хлоридное; 2 - сульфатное; 3 - сульфатное и хлоридно-сульфатное; 4 - гипсовое засоление; 5 - засоление незначительное или же отсутствует

а) Распространение грунтов содержащих легко (более 2%) и среднерастворимые (5%) соли



б) Распространение грунтов, содержащих труднорастворимые соли – карбонаты

Рисунок 1 - Распространение ЗПГГ в Казахстане (а) и республиках Средней Азии (б) данные КазГИИЗ РК и ПНИИИС Госстроя СССР

Методы исследования. Предположено, что низкое качество эксплуатации ЗС на ЗПГГ напрямую связано с несовершенством сложившегося технологического комплекса по возведению ЗС на этих грунтах. В нашем понимании технологический комплекс возведения ЗС представляет собой совокупность и последовательность операций и действий, осуществляемых в процессе изысканий, проектирования и строительства, направленных на возведение ЗС с наилучшими эксплуатационными показателями назначения. Подобное понимание технологического комплекса возведения ЗС в исследованиях позволяет не потерять оптимальные варианты решения затронутой проблемы.

Для подтверждения выдвинутого предположения был проведен критический анализ и экспертная оценка регламентируемых и традиционных технологий изысканий, проектирования и устройства оснований и фундаментов на ЗПГГ, который показал, что сложившаяся в настоящее время нормативно-законодательная строительная база базируется на исследованиях грунтов, содержащих только легко- и среднерастворимые соли. Последнее зачастую не отвечает практике современного строительства, потому как преимущественно застраиваются территории, сложенные грунтами смешанного либо карбонатного типа засоления [2-5].

Так, например, действующий стандарт (ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация») предполагает литологическую классификацию суффозионно-неустойчивых грунтов только по одному показателю – определенное содержание легко- (2%) и среднерастворимой соли (5%). В основе этой классификации заложено ошибочное представление, основанное на предположении, что проявление суффозионной неустойчивости ЗПГГ в основании обусловлено растворимостью содержащимся солей в дистиллированной воде, а масштабы проявления суффозионных деформаций определяются объемом вымытых из грунта солей. Исходя из того обстоятельства, что растворимость карбонатов (CaCO_2 и MgCO_3) в дистиллированной воде низкая действующий стандарт по грунтам, содержащим любое количество карбонатов относит их к категории не засоленных, т.е. суффозионно-устойчивых, а потому строительство на этих грунтах ведется как на обычных грунтах. При этом игнорируется повышенное содержание карбонатов в ЗПГГ (от 10-15 до 70-90%), увеличение растворяющей способности и коррозионной активности грунтовых вод на застроенных территориях, в условиях техногенного воздействия, возможность ухудшения строительных свойств ЗПГГ в основании при выщелачивании труднорастворимых солей агрессивными водами, а также совокупное влияние обозначенных процессов на структурные изменения в грунтах основания, приводящее к развитию осадки, снижению несущей способности и потере устойчи-

ности возводимого объекта. По мнению авторов строительная оценка (т.е. классификация) ЗПГГ, агрессивности грунтовых вод и сложность освоения строительных площадок сложенных ЗПГГ, должна базироваться на совокупной оценке физико-механического и химического состояния грунтов и грунтовых вод основания в условиях техногенного воздействия, интенсивности протекания в грунтах основания суффозионных, деформационных, коррозионных процессов, содержания в них как легко-, средне-, так и труднорастворимых солей [1].

Следует отметить, что изыскание под строительство на обширных территориях, сложенных ЗПГГ, карбонатного типа засоления, отличительная черта которых – обогащённость карбонатами (до 70%), регламентируется как для обычных суффозионно- устойчивых грунтов. Согласно требованиям регламента (СП РК 1.02-105-2014 «Инженерные изыскания для строительства»), в отчетах по изысканиям территорий, сложенных этими грунтами, приводят только лишь рекомендации по защите фундамента от коррозии. При этом опасность специфических проявлений грунтов карбонатного типа засоления, структурных изменений, обусловленных ослаблением солевых цементационных связей, выраженная динамикой развития в них суффозионного процесса размягчения, растворения и износа карбонатов, просадочных и после просадочных деформаций, повышения коррозионной активности под воздействием природных и техногенных факторов и их влияние на надежность эксплуатации ЗС не учитывается [1]. Так, например, оценка коррозионной активности ЗПГГ, которая характеризует условия строительной площадки согласно СН РК 2.01-01-2013 «Защита строительных конструкций от коррозии» носит, скорее всего, вероятностный характер. К примеру, количество соли в единице грунта, соприкасающееся с бетоном, достаточно высокое. Однако, в отсутствии воды и низкой влажности, что характерно для ЗПГГ на стадии изысканий, такие грунты не представляют коррозионной опасности для бетона и металла конструкций нулевого цикла. При подтоплении, которое неизбежно в условиях массовой застройки территорий, в грунтах основания даже с незначительным содержанием соли, формируется агрессивная водно-солевая грунтовая среда (АВСГС), характеризующаяся легкой-, средней-, либо сильной- степенью агрессии к металлам и бетону конструкцией нулевого цикла. К тому же при подтоплении и длительном фильтрационном воздействии в основании, сложенном ЗПГГ, наблюдается снижение прочностных и деформационных свойств.

Расчётные параметры для оценки суффозионных и деформационных процессов в ЗПГГ карбонатного типа засоления при проведении инженерно-геологических изысканий (далее ИГИ) согласно

СП РК 1.02-105-2014 не подлежат определению, а потому суффозионный процесс, интенсивность его протекания и влияние на работу ЗПГГ оснований изначально не подлежат оценке в фундаментастроении. Проведенные испытания суффозионной сжимаемости ЗПГГ по известным, в том числе стандартному способу (ГОСТ 2585-83) показали, что за время испытания от 1,5...3 мес. до 1 года достигается в лучшем случае только 50...60% выщелоченности в образцах, содержащих только легко- и среднерастворимые соли. Следовательно, основной расчетный параметр сжимаемости грунта, используемый в расчетах осадки ЗС на ЗПГГ, остается по существу не определенным. Результаты лабораторного определения физико-механических характеристик ЗПГГ в испытаниях стандартным и известными методами существенно отличаются. Указанное обстоятельство обуславливает повышение стоимости и трудоемкости изысканий под строительство на территориях, сложенных ЗПГГ. Низкая точность определения расчетных параметров ЗПГГ в испытаниях, показывает низкое качество проектных работ, а в последующем надежность эксплуатации объектов [1].

В условиях современной интенсивной массовой застройки территорий, сложенных ЗПГГ, а это широкомасштабное нефтегазовое, промышленное и гражданское строительство в Казахстане, становятся не всегда оправданными жесткие требования регламента СП РК 5.01-102-2013 «Основания зданий и сооружений». Это колоссальные расходы на замену ЗПГГ в основании, водозащитные мероприятия, химическое закрепление ЗПГГ, устройство искусственных оснований, применение забивных и набивных свай- стоек с обмазочным покрытием. Как уже было отмечено удорожание и повышение трудоемкости работ нулевого цикла при реализации положений регламента превышает на 5...25% и более затраты на аналогичные работы в обычных грунтах. При этом не гарантируется надежная работа забивной сваи в процессе эксплуатации, потому как обмазочное покрытие сдирается, а свая в процессе забивки растрескивается. Долговечность буронабивных свай также невысокая, потому, как уже в процессе формирования структуры и набора прочности свежеложенный бетон в скважине контактирует с АВСГС. Обеспечить необходимую плотность укладки бетона и контролировать его качество по стволу в процессе устройства сваи на строительной площадке проблематично. Так, например, через 8-10 лет эксплуатации буронабивной сваи в АВСГС г. Атырау (пос. Балыкши) бетон в конструкции практически полностью расслоится, распадутся, и останется только щебень и остатки ржавой арматуры. Аналогичный процесс наблюдается в конструкциях нулевого цикла (лестничные марши и полумарши) в гг. Караганда, Темиртау, Балхаш, Кульсары и т.д. Стоимость эффективных технологий по химическому закреплению ЗПГГ эпоксидными смолами в основании уникальных ЗС

не позволительна для условий массовой застройки территорий, потому как сопоставима с затратами на возведение надземной части.

В целом проведенный анализ и экспертная оценка регламентированных технологий и известного опыта изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации ЗС на ЗПГГ показал, что сложившийся затратный механизм застройки территорий, сложенных ЗПГГ, требует скорейшего пересмотра. На наш взгляд бороться следует не с последствиями многочисленных аварийных деформаций ЗС на ЗПГГ, как это сложилось в современной практике, а выстраивать систему упреждающего достижения требуемого качества и эффективности на всех этапах технологического процесса возведения ЗС (изысканий, проектирования и строительства) путем адаптации к ЗПГГ КТР. Настало время полностью пересмотреть нормативно-законодательную базу по строительству на территориях, сложенных ЗПГГ.

Результаты исследования. Для решения обозначенной проблемы была выдвинута научная концепция - упреждающего достижения требуемого качества и эффективности на всех этапах технологического комплекса возведения ЗС (изысканий, проектирования и строительства) путём адаптации к ЗПГГ КТР. Исходили из следующего условия, фундамент на ЗПГГ это инженерная конструкция, расположенная на границе двух независимых систем – суффозионно-неустойчивый ЗПГГ в основании и искусственное сооружение, которое в процессе эксплуатации постоянно находится в области риска. Это обусловлено тем, что ЗПГГ – продукт естественной деятельности природы с трудно контролируемыми и плохо прогнозируемыми свойствами, масштабы и интенсивность изменения которых определяются степенью воздействия на него природных и техногенных факторов. Независимо от этого искусственная система – ЗС на ЗПГГ должна оставаться практически неизменной, потому как даже незначительное развитие дополнительной и зачастую неравномерной просадки или суффозионной осадки фундамента влечет за собой появление дополнительных усилий в надземных конструкциях, а при достижении определенных величин может привести к аварии объекта.

Рабочая гипотеза. Основной причиной, сдерживающей решение обозначенной проблемы, является отсутствие системного и комплексного подхода к её решению. Многочисленные разработки известные в области строительства на ЗПГГ предлагаются на основе разрозненных результатов исследования физико-механических свойств отдельных региональных разновидностей ЗПГГ, исследований коррозионно-стойких бетонов, различных конструктивно-технологических решений по устройству основания, фундамента, сооружения, технологий возведения уникальных объектов и пр. При этом комплексный, совместный подход и технологические аспекты реали-

зации этих многочисленных междисциплинарных результатов исследования, их взаимосвязь для условий массовой застройки территорий, сложенных ЗПГГ, остаются практически не затронутыми [2-5].

Идея работы. Качественная и эффективная застройка территорий, сложенная ЗПГГ, предполагает развитие технологического комплекса (ТК) по возведению ЗС и геотехническую систему «основание - фундамент - сооружение» (ОФС). Их следует рассматривать, как единую и совокупную систему, разработанную на основе адаптации конструктивно-технологических и технических решений в рамках этой единой системы к изменяющимся условиям на территории сложенной ЗПГГ, протекающей под воздействием природных и техногенных факторов на солевой компонент грунта. Учитывая тот факт, что оптимизация единой системы «ТК-ОФС» на ЗПГГ определяется разнородностью исследуемых факторов (природных, техногенных, конструктивных, технологических, организационных, экономических и пр.) решение проблемы осуществлялось путем экономико-математического моделирования этой системы в сочетании с математическим и гидрогеохимическим моделированием работы ЗПГГ в основании (рисунок 3).

Научный поиск был направлен на решение проблемной ситуации, включающей многообразие известных результатов исследования ЗПГГ, конструктивно - технологических приемов и способов производства изыскательных, проектных и строительных работ на ЗПГГ, в отсутствие удовлетворительной методологии единого и системного подхода, научного обоснования, выбора и прогнозирования качественно новых и эффективных решений, адаптированных к условиям суффозионно-неустойчивых ЗПГГ. Так, например, для повышения несущей способности и долговечности набивных свайных фундаментов в АВСГС был предложен комплексный подход, а именно применение упреждающего КТР разработанного на базе известных по принципиально различных подходах к решению этой проблемы, а именно:

- создание защитной коррозионностойкой оболочки по поверхности сваи;

- формирование уплотненного, либо закрепленного ЗПГГ вокруг сваи путем повышения его прочностных и деформационных свойств, структурной и суффозионной устойчивости, водостойчивости и водонепроницаемости и др.;

- повышение прочности и коррозионной стойкости бетона конструкции путем применения модификаторов и пр. (рисунок 2).

Формирование уплотненной, либо закрепленной суффозионно-устойчивой и водонепроницаемой несущей и защитной оболочки под острием и по боковой поверхности сваи при ее устройстве в ЗПГГ достигается механическим, либо химическим воздействием на ЗПГГ

с дополнительным устройством между конструкцией и АВСГС оболочки из кироминеральной смеси, асфальта, мастики на природном битуме, пластмассовой трубы и пр.

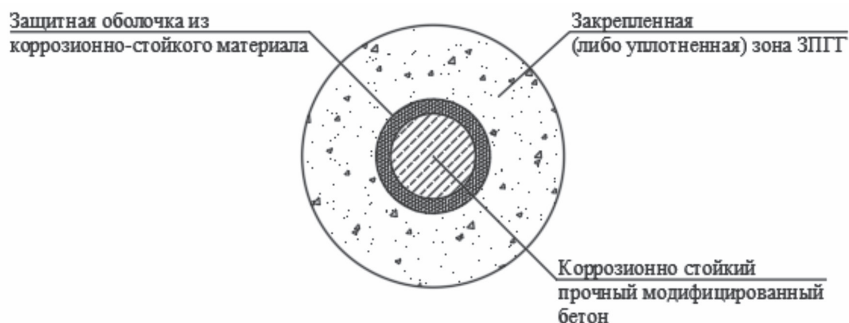


Рисунок 2- Упреждающая технология для повышения несущей способности и долговечности сваи в ЗПГГ

При устройстве буронабивной сваи ЗПГГ вокруг скважины поверхность пропитывается низко концентрированным раствором силиката натрия. Химическое взаимодействие силиката натрия с карбонатами и гипсом, содержащимся в ЗПГГ приводит к образованию вязкой пленки гидрогеля кремниевой кислоты, которая оседает на частицах и агрегатах грунта плотно закупоривает капилляры и поры. Дальнейшее формование бетона буронабивной сваи протекает в оболочке из закрепленного структурно и суффозионно- устойчивого ЗПГГ с повышенной прочностью, водоустойчивостью и водонепроницаемостью.

Формование бетона в свае повышенной плотности, путем введения в бетон модификаторов (добавок), позволяет дополнительно повысить коррозионную стойкость фундаментной конструкции. Упреждающее применение этих трех способов в одном на стадии строительства позволяет гарантировать несущую способность и долговечность набивной сваи в АВСГС основания сложенного ЗПГГ, при техногенном воздействии.

Обсуждение результатов. Развитие упреждающего технологического комплекса по возведению ЗС на ЗПГГ при реализации предложенной научной концепции качественной и эффективной застройки территории, сложенных ЗПГГ, с опытно-промышленной апробацией результатов исследования в массовом строительстве содержала следующие задачи: анализ известных конструктивно-технологических и технических решений в проблемной области; установление закономерностей влияния гидрогеохимических аспектов на качество и

эффективность изысканий, проектирования и строительства; совершенствование технологии изысканий при оценке основных расчетных характеристик ЗПГГ; разработка методики оптимизации геотехнической системы «ОФС» и технологического комплекса по ее созданию на основе адаптации к ЗПГГ, натурные испытания и апробация новых конструктивно-технологических и технических решений в рамках единой системы «ТК - ОФС» на площадках, сложенных ЗПГГ; разработка нормативно-законодательных документов, регламентирующих предлагаемые технологии изысканий, проектирование и устройства оснований и фундаментов на засоленных грунтах. Развитие ТК или структурно-логическая блок-схема представлена на (рисунок 3).

Оптимизация решений, по реализации выдвинутой научной концепции развития технологического комплекса, базировалась на следующих принципах:

- установление «обратной связи», обуславливающей решение задач изысканий, проектирования и строительства в зависимости от конечной цели (качество и эффективность геотехнической системы ОФС);
- комплексности и системности в соответствии, с которыми определялись критерии оптимизации и адаптации каждого этапа технологического комплекса (изысканий, проектирования и строительства);
- адаптации, требующей последовательной корректировки конструктивно-технологических решений при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации в зависимости от поступающей информации о природных и техногенных изменениях на территории застройки.

Основным фактором, определяющим стратегию застройки территорий, сложенных ЗПГГ, является суффозионная и структурная неустойчивость этих грунтов, в условиях техногенного воздействия при эксплуатации ЗС, под влиянием как естественных (природных), так и техногенных факторов на солевую компоненту грунта. Исходя из этого уже на стадии предпроектных инженерно-геологических изысканий, а также на последующих этапах развития технологического комплекса, ставилась задача максимальной адаптации проектируемого объекта к условиям эксплуатации в суффозионно- и структурно-неустойчивых грунтовых условиях. С этой целью в предложенной схеме развития технологического комплекса этапы процессов характеризуются определяющими критериями по оценке эффективности конструктивно-технологических и технических решений на различных этапах, а именно:

- при изысканиях, достоверность определения и прогноза измерения расчетных параметров ЗПГГ в условиях техногенного воздействия;
- при проектировании – оптимизация проектируемого решения;
- при строительстве – эффективность и качество работ;
- при эксплуатации – надежность проектного решения.

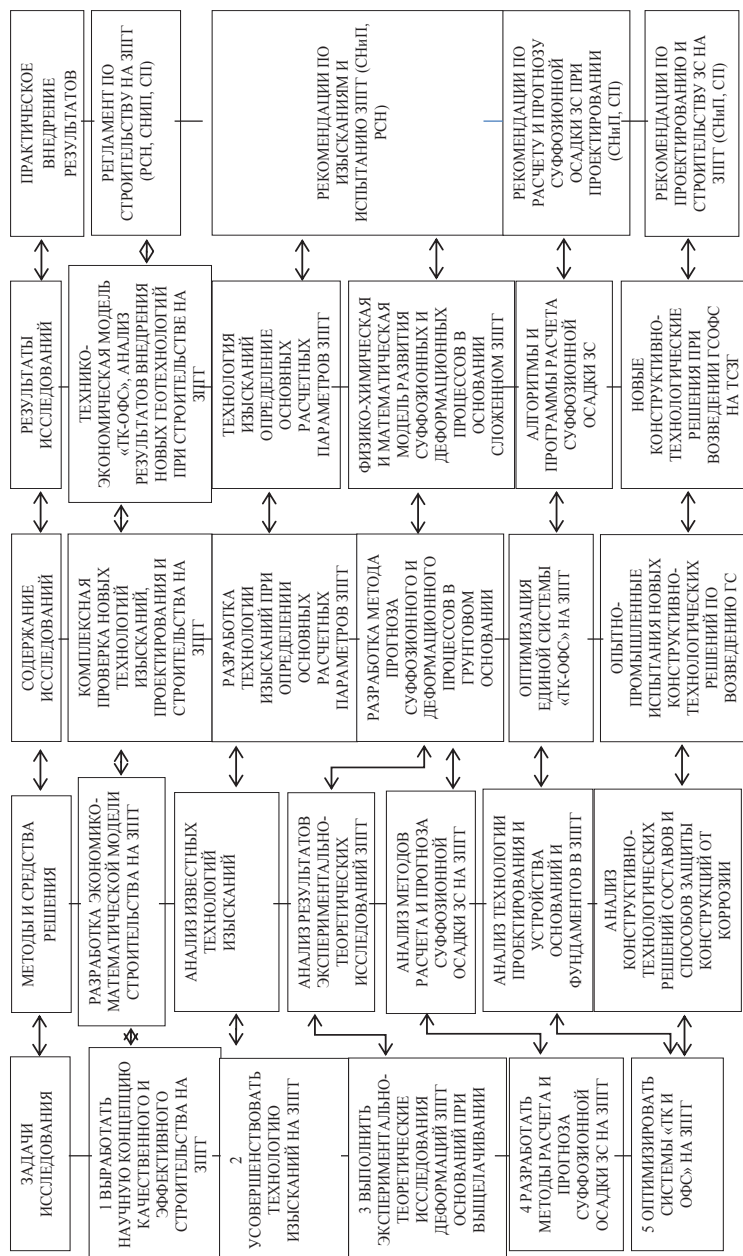


Рисунок 3- Упреждающая комплексная технология возведения ЗС на ЗПГГ [1]

Суть опережающего развития КТР, и в целом технологического комплекса, по возведению ЗС на ЗПГГ заключается в том, что при его разработке суффозионный процесс, деформация грунтового основания, материал, конструкция основания, фундамента, ЗС, их защита от коррозии, сверхнормативной просадки и суффозионной осадки рассматриваются совокупно и во взаимосвязи, в рамках обеспечения эффективной и надежной работы единой системы ОФС в условиях техногенного воздействия. Выбор оптимального КТР базируется на технико-экономическом сравнении, предлагаемых альтернативных решений на всех стадиях развития технологического процесса: изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации. Последнее должно осуществляться для отдельных фундаментов конкретного проектируемого объекта, находящихся в наиболее сложных условиях (максимальная нагрузка, техногенное воздействие, неблагоприятные условия работы ЗПГГ в основании, суффозионная неустойчивость, коррозионная активность и др.). Далее производится расчет фундаментов с назначением оптимальных размеров, которые могли бы обеспечить суммарную осадку, с учетом просадки и суффозионного сжатия, коррозии конструкции, не превышающей предельно допустимой, для проектируемого класса ЗС. При поиске защитных антикоррозионных покрытий учитываются такие факторы, как дефицитность материала, его стоимость и возможность применения в условиях конкретной строительной площадки.

Основополагающим критерием при функционировании единой системы «ТК - ОФС» на территории, сложенной ЗПГГ, определена – экономическая эффективность, т.е. чистая прибыль. Это означает, что из всего многообразия альтернативных технологий, предпочтение отдается той, которая требует наименьших затрат. При этом экономия затрат ни в коей мере не должна сказаться на снижении качества основания, фундамента, сооружения. Принятие решения, после анализа альтернативных вариантов, должно быть за технологом, - производителем работ, который соотносит это решение с возможностями строительной организации и надежностью геотехнической системы ОФС в конкретных условиях строительства и эксплуатации.

Системный подход при оптимизации единой системы «ТК – ОФС» на ЗПГГ, выражался в выдвижении и сопоставлении альтернативных вариантов технологии изыскательских, проектных и строительных работ по определяющим критериям на каждом этапе. В целом, системный анализ включает в себя: формулирование конеч-

ной цели, выбор определяющих критериев оптимизации на каждом этапе; определение взаимосвязи элементов в изучаемой системе; анализ решений; оценка конечного экономического эффекта (прибыли).

Выводы. По результатам теоретических и экспериментальных исследований сформулированы научные положения, разработаны нормативно-законодательные документы и практические рекомендации, обеспечивающие решение актуальной крупной научно-прикладной проблемы – затратного строительства на ЗППГ, а именно:

1 Образовавшийся в результате длительных геологических, климатических, фационных и других процессов ЗППГ представляет собой сложный конгломерат частиц минерального и органического происхождения с разнообразной величиной и формой взаимодействия, свойства которой изменяются в условиях природного и техногенного воздействия на солевую компоненту грунта. Регламентируемые методы и приемы оценки физико-механических и химических свойств ЗППГ, зачастую не учитывают весь спектр этих изменений. Сказанное в полной мере относится к грунтам карбонатного типа засоления.

2 Установлено, что суффозионно-неустойчивый ЗППГ в основном, это стохастическая пространственно-временная отдельность общей территорий сложенных ЗППГ, формирующаяся в условиях природного и техногенного воздействия на солевую компоненту грунта, что предполагает технологический комплекс по возведению и эксплуатацию геотехнической системы «ТК-ОФС» рассматривать неразрывно и во взаимосвязи на основе адаптации конструктивно-технологических и технических решений в рамках этой единой системы к изменяющимся условиям. Несоблюдение сформулированной научной концепции, определяющей условия строительства на ЗППГ, обуславливает возникновение аварийной ситуации и, как следствие, дополнительные затраты на ремонт, усиление или восстановление ЗС [1].

3 Усовершенствована технология инженерно-геологических изысканий на ЗППГ на основе формирования общих принципов, критериев оценки, объема, последовательности, универсальных средств и способов определения и прогноза изменения основных расчетных параметров грунта применительно к изменяющимся условиям строительства на ЗППГ под воздействием техногенных факторов, суть которой заключается в том, что этап изысканий определен как основ-

ной при прогнозе поведения ЗПГГ в основании конкретного объекта, обеспечивающий на стадии проектирования его надежное строительство и эксплуатацию. Авторское право, новизна и эффективность отдельных положений предложенной технологии подтверждены А.С. СССР №№ 1374129, 1425538, 1567981, 1599770, пред.патентом РК № 124476, заявками на патенты РК №№ 2004/1782.1, 2004/1789.1, республиканскими строительными нормами РК 54-90; 55-90.

4 Разработаны новые классификации ЗПГГ, грунтовых вод и строительных площадок по категориям сложности их освоения при строительстве, как динамично изменяющихся систем, базирующиеся на анализе результатов исследования совокупности показателей физико-механического и химического состояния, интенсивности протекания суффозионных и деформационных процессов, содержании легко-, средне- и труднорастворимых солей в грунтах основания, что позволяет уже на начальной стадии застройки территорий сложных ЗПГГ оптимизировать технологию изыскательских, проектных и строительных работ, повысить их качество, снизить стоимость и трудоемкость [1].

5 Предложена экономико-математическая и гидрогеохимическая модели развития упреждающего технологического комплекса по возведению ЗС на ЗПГГ, на основе детерминированной взаимосвязи между показателями надежности основания (фундамента), свойствами грунта и технико-экономическими параметрами строительного производства, позволяющие учесть изменяющиеся условия строительства на ЗПГГ и оптимизировать выбор геотехнической системы ОФС в зависимости от диагностических факторов, определяющих эффективность технологических процессов (рисунок 2).

6 Получил развитие технологический комплекс по возведению ЗС на ЗПГГ на базе формулирования общих принципов, критериев оценки и последовательности оптимизации конструктивно-технологических решений в рамках возведения единой системы «фундамент – защитное покрытие – агрессивная водно-солевая грунтовая среда – технологический процесс», суть которой заключается в том, что суффозионный процесс, деформации грунта в основании, агрессивность водно-солевой грунтовой среды, конструкции основания, фундамента, сооружения, их устройство и защита рассматриваются совокупно во взаимосвязи. Авторское право, новизна и эффективность геотехнологий, разработанных на основе сформулированных принципов и подходов подтверждены А.С. СССР №№1805169, 1719548,

1678971, 1678972, 161281, 1673677, 168913, 1812836, 1700137, 168670, 1670319, 1823556, патентами РК №№ 1048, 10456, 12445, 11211, 10582, 10569, 10571, решениями о выдаче пред. Патентов по заявкам РК №№ 2004/1783.1; 2004/1788.1; 2004/1784.1, республиканскими строительными нормами РСН РК 54-90, СП 5.01.11.2004, СНиП 3.02-29-2004 и др.

7 Заложены основы нормативно- законодательной строительной базы в Республике Казахстан, регламентирующие разработанные авторами новые технологии изысканий, проектирования и возведения ЗС на ТСЗГ, что нашло отражение в РСН 54-90 «Испытания засоленных грунтов в лабораторных условиях»; РСН 55-90 «Испытания засоленных грунтов в полевых условиях»; СНиП 3.02-29-2004 «Отделочные и защитные покрытия»; СП 5.1.2004 «Фундамент в вытрамбованном котловане»; КТП РК Х.ХХ-ХХ-2011 (КСН РК ЕН 1997-1:2004/2011 «Проектирование зданий на засоленных грунтах»), 4-х практических рекомендациях и др. официальных документах.

8 Результаты исследования позволяют использовать «бросовые земли», сложенные ЗПГГ, под строительство ЗС и, тем самым освободить земельные участки с плодородной почвой на сельскохозяйственные нужды. Это, в свою очередь, благоприятно скажется на экологической обстановке.

9 Эффективность и качество предлагаемых КТР по развитию технологического комплекса возведения ЗС на ЗПГГ подтверждена их опытно-промышленной апробацией при застройке ЗПГГ, на отдельных объектах Прикаспийского нефтегазового комплекса в п.г.т. Кульсары, Тенгизе, ЗС в гг. Атырау, Актобе, Караганде, Темиртау и др., каскада водохранилищных плотин на Каракумском канале, авто-трасс «Алматы- Астана» и «Кызыл-Орда – Жезказган – Караганда – Павлодар». При этом в 1,5 – 3 раза снижена трудоемкость, уменьшен расход материалов (бетон, арматура, опалубка), повышено качество возведения и эксплуатации строительных объектов. Экономический эффект от внедрения разработок составил десятки и сотни млн. тенге [1].

Список литературы

1 Унайбаев Б.Ж., Унайбаев Б.Б. и др. Инновации при застройке территорий сложенных засоленными грунтами в Республике Казахстан. Монография – Алматы: Эверо, 2018.- 224с., [Unajbaev B.ZH., Unajbaev B.B. i dr. Innovatsii pri zastrojke territorij slozhennykh zasolennymi gruntami v Respublike Kazakhstan. Monografiya – Almaty: EVerov, 2018.- 224s.]

2 *Мустафаев А.А.* Деформации засоленных грунтов в основаниях сооружений.-М.: Стройиздат, 1985.-280с., [Mustafaev A.A. Deformatsii zasolennykh gruntov v osnovaniyakh sooruzhenij.-M.: Strojizdat, 1985.-280s]

3 *Петрухин В.П.* Строительство сооружений на засоленных грунтах.-М.: Стройиздат, 1989.-264с., [Petrukhin V.P. Stroitel'stvo sooruzhenij na zasolennykh gruntakh.-M.: Strojizdat, 1989.-264s..]

4 Растворение и выщелачивание горных пород.- М.: Госстройиздат, 1957.-286с. (Первое совещание (в Москве 19.11.1955г.) по вопросам выщелачивания воднорастворимых горных пород), [Rastvorenie i vyshhelachivanie gornykh porod.- M.: Gosstrojizdat, 1957.-286s. (Pervoe soveshhanie (v Moskve 19.11.1955g.) po voprosam vyshhelachivaniya vodnorastvorimyykh gornykh porod).]

5 *Терлецкая М.Н.* Каналы в водонеустойчивых грунтах аридной зоны.-М.: Колос,1983.-95с., [Terletskaya M.N. Kanaly v vodoneustojchivyykh gruntakh aridnoy zony.- M.: Kolos,1983.-95s]

Унайбаев Б.Б., докторант, mail: u-danik@mail.ru

Унайбаев Б.Ж., доктор технических наук, профессор,
e-mail: ubks52@mail.ru

Ищанова А.Ш., магистр технических наук, старший преподаватель,
e-mail: aisluis@mail.ru

А.А. Генбач¹, Д.Ю. Бондарцев¹, А.А. Айтмагамбетов¹

¹Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева,
г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ПТУ И ГТУ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Аннотация. Особую опасность при переходных режимах вызывает неодинаковость во времени температурных расширений вращающихся и неподвижных деталей и возникающие температурные напряжения, которые не приводят к каким-либо опасным ситуациям на текущий момент, но при циклическом повторении, спустя годы, часто приводят к появлению трещин малоциклового усталости. Значительный интерес представляют внутренние процессы, протекающие в пористых структурах, в частности интенсивность процесса фазового перехода в зонах пористой структуры. В статье приведено изучение характера влияния кипения капиллярной структуры (КС) на интенсивность теплоотдачи. Представлена методика проектирования пористых систем применительно к разработанным устройством тепловых энергоустановок. Проведенные исследования позволяют внедрять охлаждающую жидкость, материал корпуса и структуры, вид пористого покрытия, провести расчеты теплопределов, сопротивления, термических напряжений и приводят экономическую и экологическую оценку.

Ключевые слова: тепловой поток, паро (газо) турбинная установка, капиллярно-пористые структуры и покрытия, система охлаждения.

• • •

Түйіндеме. Өтпелі режимдердегі ерекше қауіп температураның кеңеюінің, айналмалы және қозғалмайтын бөліктердің уақыт бойынша теңсіздігін тудырады; пайда болатын температуралық кернеулер, қазіргі уақытта қауіпті жағдайларға әкелмейді, циклдік қайталанумен, көбінесе жылдар өткен соң, төмен циклді шаршау жарықтарының пайда болуына әкеледі. Кеуекті құрылымдарда жүретін ішкі процестер, атап айтқанда кеуекті құрылым аймақтарындағы фазалық ауысу процесінің қарқындылығы үлкен қызығушылық тудырады. Бұл жұмыста капиллярлық құрылымның (КС) қайнауының жылу беру қарқындылығына әсер ету сипаты зерттелді. Әзірленген жылу электр қондырғыларының құрылғысына қатысты кеуекті жүйелерді жобалау әдістемесі ұсынылған. Зерттеулер салқындатқышты, корпус материалы мен құрылымын, кеуекті жабынның түрін енгізуге, жылу анықтауды, қарсылықты, жылу кернеуін есептеуге және экономикалық және экологиялық баға беруге мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: жылу ағыны, бу (газ) турбиналық қондырғы, капиллярлық-кеуекті құрылымдар мен жабындар, салқындату жүйесі.

Abstract. A special danger during transient conditions is caused by the difference in time of temperature expansions, rotating and stationary parts; the arising thermal stresses, without leading to any dangerous situations at the current moment, during cyclic repetition, often after years, lead to the appearance of low-cycle fatigue cracks. Internal processes occurring in porous structures, in particular, the intensity of the phase transition process in the zones of the porous structure, are of considerable interest. In this work, we study the nature of the effect of boiling of the capillary structure (CS) on the intensity of heat transfer. The method of designing porous systems in relation to the developed device of thermal power plants is presented. The conducted research makes it possible to introduce the cooling liquid, the material of the body and structure, the type of porous coating, perform calculations of heat determination, resistance, thermal stresses, and give an economic and environmental assessment.

Keywords: heat flow, steam (gas) turbine unit, capillary-porous structures and coatings, cooling system.

Введение. К переходным режимам относятся такие процессы как пуски и остановки турбины. Пуски и остановки газовой турбины являются наиболее ответственными этапами эксплуатации газотурбинной установки. Эти операции связаны со значительными изменениями механического и термического состояния элементов турбины. Поэтому от правильного проведения данных режимов существенно зависят эксплуатационная надежность и долговечность газотурбинной установки. Переходный или не стационарный режимы работы - процесс перехода от одного стационарного режима к другому. Поскольку параметры газа и температурное состояние деталей на различных стационарных режимах разные, то в процессе переходного периода параметры газа и температурное состояние деталей изменяются, что приводит к ряду новых явлений. Несмотря на то, что каждый из стационарных режимов не представляет для турбины непосредственной опасности, сам переходный процесс может быть очень опасным, провоцируя в некоторых случаях аварийную ситуацию. Особую опасность при переходных режимах вызывает изменение температуры внутри турбины, неодинаковость во времени температурных расширений вращающихся и неподвижных деталей вызывает опасность задеваний с тяжелой аварией; возникающие температурные напряжения, не приводя к каким-либо опасным ситуациям на текущий момент, при циклическом повторении, спустя годы часто приводят к появлению трещин малоциклового усталости [1].

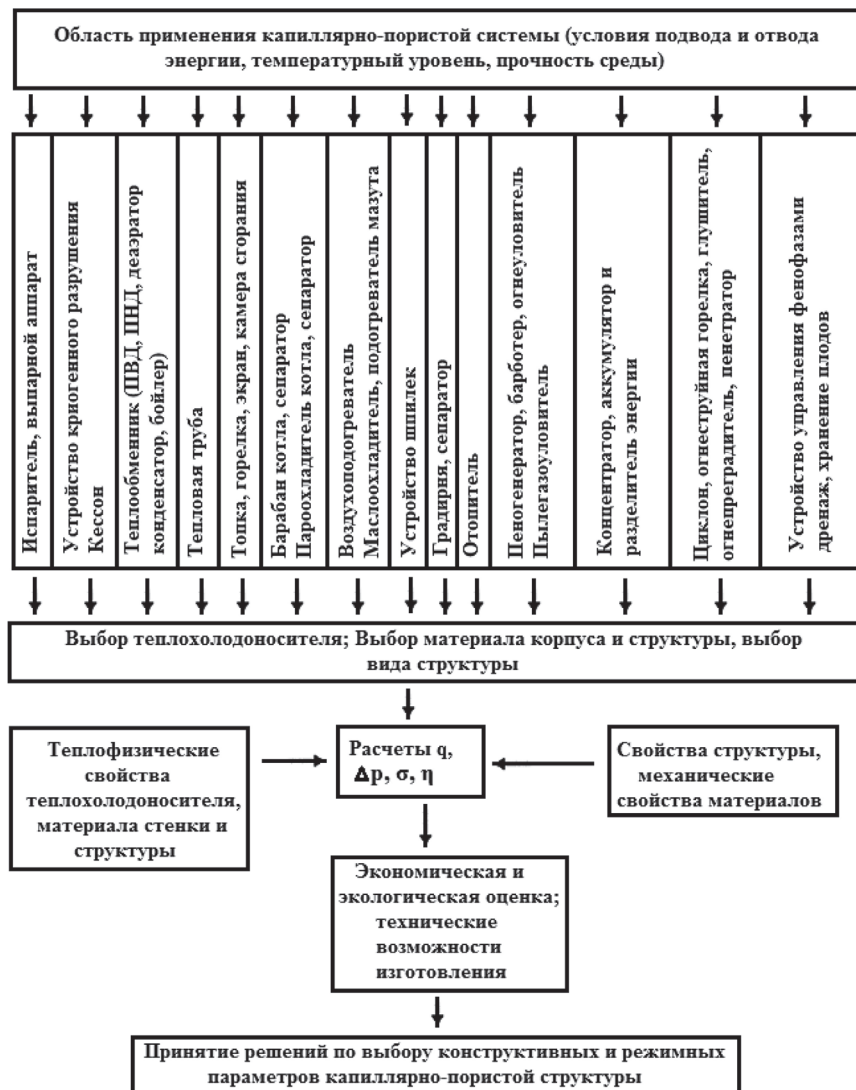
Вопросы переходных режимов являются основными в понимании теории эксплуатации паро(газо)-турбинных установок. Умение решать подобные задачи в условиях эксплуатации турбомашин позволяет повысить их надежность, экономичность, маневренность (подвижность) с учетом жестких требований экологии. Для охлаждения теплообменных поверхностей различных теплоэнергетических установок (паровых и газовых машин, котельных агрегатов, теплообменников) широкое применение нашли КПП. В последние годы для их изготовления начато использование природных минеральных материалов, в частности горных пород. Дополнительное введение в их состав тугоплавких элементов, например циркония, позволяет повысить теплостойкость таких покрытий до 1200°С и выше. Из используемых в настоящее время методов интенсификации теплообмена широко применяются автоматизированные расчеты и использование программного обеспечения [2-3]. В литературе [4] рассмотрено экспериментальное исследование для новой микро структурированной поверхности, которое позволяет рекомендовать методы выявления и предотвращения кризиса кипения в промышленной аппаратуре. Вместе с этим значительный интерес представляют внутренние процессы, протекающие в пористых структурах, в частности интенсивность процесса фазового перехода в зонах пористой структуры.

В данной работе проведено изучение характера влияния кипения капиллярной структуры (КС) на интенсивность теплоотдачи. Поскольку нельзя получить данные по внутренним характеристикам, использовалась скоростная киносъемка для определения термодинамических характеристик, например, плотность центров парообразования, отрывной диаметр пузыря [9]. В литературе [5-6] численно исследован тепло- и массоперенос с фазовым переходом в пористых материалах. Рассмотрены исследования температуры внутри КПС, выводы могут быть применены только к некоторым проблемам [7, 8]. Представляет интерес в качестве пористых структур использовать перспективные КПС и КПП из естественных минеральных сред.

Методика проектирования пористых систем. На рисунке 1 представлена методика проектирования пористых систем применительно к разработанным устройствам тепловых энергоустановок. Проведенные исследования [9-11] позволяют внедрять охлаждающую жидкость, материал корпуса и структуры, пористое покрытие, провести расчеты теплопределов, сопротивления, термических напряжений и дать экономическую и экологическую оценку.

Охлаждение поверхности нагрева изучается от минимально возможного расхода жидкости, при котором слив равнялся нулю, до расхода жидкости в 14 раз превышающего расход генерируемого пара m_1 . Необходимое изменение расхода жидкости определяется по нарушению равномерности в распределении температуры по поверхности охлаждаемой стенки. При этом обеспечивается надежный теплосъем за счет сохранения устойчивой пульсирующей пленки жидкости, что выгодно отличает рассматриваемую систему охлаждения от тонкопленочных испарителей [12], в которых происходит разрыв стекающей жидкостной пленки и появляется необходимость в значительном увеличении расхода жидкости (в 100...10000 раз), достаточно подавать жидкость в размере $G_{*} = q/r$, как это имеет место в тепловых трубах [13,14]. Для охлаждения поверхностей, имеющих большую высоту (до 0,7 м), требуется повышенные расходы охладителя, что затягивает выравнивание температуры стенки при низких и умеренных тепловых нагрузках. Поэтому в обобщающих зависимостях коэффициент теплообмена α выражается через высоту стенки h как $\alpha \sim h^{0,26}$.

Для области, близкой и критической, значительное увеличение расхода жидкости не оказывает влияния на процессы теплообмена [9]. При развитом пузырьковом кипении основное влияние на теплообмен оказывает удельная плотность теплового потока. Влияние плотности орошения значительно меньше, чем в случае переходного поверхностного кипения, протекающего в начальной области, хотя при больших значениях чисел Рейнольдса усиливается теплопроводность пленки, так как возникающие вихри приводят к увеличению вязкости, стабилизации толщины пленки, что придает ей дополнительную устойчивость к кризису кипения. На кинограммах [9] наблюдается увеличение времени «жизни» паровых пузырей для тех случаев, когда устанавливается баланс притока тепла от стенки и перегретой жидкости и стока его посредством теплоты конденсации в ядре стекающего недогретого потока. Рост парового пузыря в пределах ячейки, что, в целом, увеличивает время его «жизни» [10]. Пуски и остановки турбомашин приводят к существенным изменениям их механического и термического состояний, а также примыкающим к турбинам трубопроводов, клапанов, патрубков. От происходящих при этом изменений зависит эксплуатационная надежность и долговечность, экономичность и способность к маневренности турбин, влияние на экологию.



q – удельные тепловые потоки в элементах ТЭУ; Δp – гидравлическое сопротивление; σ – термические напряжения; η – к.п.д. ТЭУ

Рисунок 1 – Схема проектирования капиллярно-пористой структуры

Обзор литературы [15-20] и критический анализ аварий ГТУ показывает, что большинство из аварийных ситуаций происходит при пусках. Причины сводятся к трем основным факторам: неправильно выбран режим прогрева турбомашин; ошибки персонала; конструкционные недостатки, допущенные при стадии проектирования и изготовления, а также при монтаже и ремонте турбины. К наиболее сложным случаям неустановившегося тепломеханического состояния турбины относится пуск, поскольку возникающие в процессе его термические и механические напряжения в элементах агрегата, как правило, суммируются. Кроме того, при пуске неостывших турбин возникают дополнительные трудности, которые не встречаются в процессах остановки. Особые проблемы возникают при пуске блочных турбоагрегатов на докритические и закритические параметры пара. Явления, вызываемые нестационарностью теплового состояния элементов турбины при пуске:

1. Появление термических напряжений в стенках и фланцах корпуса турбины, паропроводов, стопорных и регулирующих клапанов;
2. Появление дополнительных растягивающих напряжений в шпильках горизонтального разъема корпуса турбины, а также в шпильках фланцевых соединений клапанов и паропроводов;
3. Возникновение термических напряжений в роторе турбины;
4. Возникновение прогиба цилиндра вследствие разности температур верхней и нижней части корпуса турбины.

Все перечисленные явления усложняют пуск турбины и могут послужить причиной аварии при нарушении режима прогрева [21].

При пуске турбины её состояние условно можно охарактеризовать как механическое, так и термическое. Детали и узлы работают под действием статических и динамических нагрузок.

Классификация пусков паровой турбины:

1. Пуск из холодного состояния – процесс, которому отвечает температура турбины (т.е. стенки в районе паровпуска), не повышающая 150°C , при этом котел и паропроводы находятся в полностью остывшем состоянии. Для крупных энергоблоков такое состояние достигается не менее, чем через 90-100 ч., а время пуска из этого состояния – не менее 6-7 ч., иногда достигает 12 ч. и более. На АЭС это время значительно меньше (3 ч. и более);
2. Пуск из горячего состояния – температура турбины не менее $420-450^{\circ}\text{C}$. Такое снижение температуры происходит за 6-10 ч. (например, после ночного простоя);
3. Пуск из неостывшего состояния – характеризуется значением

температуры, имеющим промежуточное значение (после простоя в субботу и воскресенье).

В основе разрушения, с одной стороны, лежат разрывы межатомных связей, обусловленные тепловыми флуктуациями, а с другой – разрушение есть кинетический термоактивационный процесс, в основе которого лежит перемещение вакансий к трещинам, рост которых определяет кинетику разрушения. Возможны деформации и разрушения КПП с остроконечными концентраторами напряжений типа трещин в виде прямолинейных, криволинейных, дискообразных, эллиптических и круговых узких щелей. В окрестности острия концентратора возникает высокая интенсивность напряжений и наступает пластическое течение материала или распространение хрупкой трещины. Установлено предельное равновесие хрупких тел с трещинами.

Механизм разрушения металлов отличается от механизма разрушения хрупких покрытий, ряд термомеханических свойств также различны. Несмотря на это, на основе решения уравнения теплопроводности при граничных условиях второго рода [9-10] проведена аналогия в поведении материалов и выявлены зависимости тепловых потоков от времени их действия и глубины проникновения температурных возмущений, что позволяет предсказывать и предотвращать возникновение предельных состояний для парогенерирующей поверхности и оценивать толщину отрывающихся частиц. Размеры отрывающихся частиц при разрушении КПП подтверждены скоростной съемкой СКС-1М [7]. Для турбинных сталей предел прочности на растяжение $\sigma_b \approx (400 \div 1000)$ МПа. Предел текучести при рабочей температуре – $(400 \div 550)$ °С понижается до $(200 \div 900)$ МПа при деформации 0,2%. Пределы длительной прочности снижаются до $(70 \div 260)$ МПа при деформации в $(10 \div 20)\%$. Величина временного термонапряжения уменьшается до $(40 \div 120)$ МПа, т.е. на порядок. Основные оценочные напряжения усталости составляют всего до 0,45 от σ_b . Следовательно, велика вероятность, что $\sigma_{\text{пр.раст}} \approx \sigma_{\text{пр.сж.}}$, а $\sigma_{\text{пр.раст}}$ доходят до 10 МПа и становятся одного порядка для пористых покрытий.

Выводы. Диапазон критических значений удельных тепловых потоков в нагреваемом слое определяет предельное и устойчивое ведение процесса охлаждения при высокой производительности энергоустановки. Верхний предел предельных значений для тешенитного покрытия не более $0,08 \times 10^7$ Вт/м², для гранитного – до $0,5 \times 10^7$ Вт/м², для кварцевого – до 10^7 Вт/м², а нижний предел, при котором ещё наблюдается отрыв частиц под действием термонапряжений сжа-

тия, для кварцевого покрытия составит $0,25 \times 10^7$ Вт/м², для гранитного в пять раз меньше ($0,05 \times 10^7$ Вт/м²), а для тешенитного – в десять ($0,025 \times 10^7$ Вт/м²). Меньшие удельные тепловые потоки будут вызывать разрушение покрытий от растяжения.

Список литературы

1 Трухний А.Д., Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки. – М.: МЭИ, 2002. – 540с., [Trukhniĭ A.D., Lomakin B.V. Teplofikatsionnye parovye turbiny i turboustanovki. – М.: МЭИ, 2002. – 540с.]

2 Верховский В.В., Данилова Г.Н., Тихонов А.В. Внутренние характеристики процесса и теплообмен при кипении хладагентов на поверхностях с искусственными центрами парообразования // In: Proc. 4th Minsk International Heat and Mass Transfer Forum. Minsk, Belarus. – 2000. – P. 168-175., [Verkhovskij V.V., Danilova G.N., Tikhonov A.V. Vnutrennie kharakteristiki protsessa i teploobmen pri kipenii khladagentov na poverkhnostyakh s iskusstvennymi tsentrami paroobrazovaniya // In: Proc. 4th Minsk International Heat and Mass Transfer Forum. Minsk, Belarus. – 2000. – R. 168-175.]

3 Arik M. Enhancement of pool boiling critical heat flux in dielectric liquids by microporous coatings / Mehmet Arik, Avram Bar-Cohen, Seung Mun You // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2007. – Vol. 50. – P. 997-1009.

4 Vafai K., Tien C. L. Boundary and inertia effects on flow and heat transfer in porous media // ht. 1. Heat mass transfer. – 1980. – Vol. 24, – P. 195-203.

5 Ustinov A., Mitrovic J. Special boiling effects of novel microstructured surface // 5th European Thermal – Sciences Conference, The Netherlands. – 2008. – P. 105-109.

6 Vafai K. and Tien H. C. A numerical investigation of phase change effects in porous materials // ht. 1. Heat mass transfer. – 1989. – Vol. 32, – P. 1261-1277.

7 Genbach A.A., Bondartsev D.Y. Modeling of thermal stresses destroying the porous coating of heat-exchange surfaces of power plants. Power engineering: research, equipment, technology. 2019; 21(3): 117 – 125. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2019-21-3-117-125>

8 Genbach A.A., Bondartsev D.Yu. Experimental method of investigation of the heat transfer crisis in a capillary-porous cooling system // News of the academy of sciences of the RK. – Vol. 2, №4 (28). – P. 81 – 88.

9 Genbach A.A., Bondartsev D. Yu., Iliev I.K., Georgiev A.G.. Scientific method of creation of ecologically clean capillary-porous systems of cooling of power equipment elements of power plants on the example of gas turbines. Energy. 199 (2020), 117458. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117458>

10 Genbach A.A., Bondartsev D.Y., I.K. Iliev. Thermal Science. 2019, Volume 23, Issues 2, Pages 849 – 860. <https://doi.org/10.2298/TSCI171016139G>

11 *Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Айтмагамбетов А.А.* Исследование кризиса теплопередачи и предельного состояния теплообменной поверхности, покрытой капиллярно-пористой средой. Вестник КазННТУ, №5 (141) 2020. – с. 159-165., [Genbach A.A., Bondartsev D.YU., Ajtmagambetov A.A. Issledovanie krizisa teploperedachi i predel'nogo sostoyaniya teploobmennoj poverkhnosti, pokrytoj kapillyarno-poristoj sredoj. Vestnik KazNITU, №5 (141) 2020. – s. 159-165.]

12 *Воронцов Е.Г., Тананайко Ю.И.* Теплообмен в жидкостных пленках. – Киев, 1972. – 275 с., [Vorontsov E.G., Tananajko YU.I. Teploobmen v zhidkostnykh plenkakh. – Kiev, 1972. – 275 s.]

13 *Воронин В.Г., Ревякин А.В., Сасин В.Я., Тарасов В.С.* Низкотемпературные тепловые трубы для летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1976. – 200 с., [Voronin V.G., Revyakin A.V., Sasin V.YA., Tarasov V.S. Nizkotemperaturnye teplovyje truby dlya letatel'nykh apparatov. – M.: Mashinostroenie, 1976. – 200 s.]

14 *Поляев В.М., Майоров В.А., Васильев Л.Л.* Гидродинамика и теплообмен в пористых элементах конструкций летательных аппаратах. – М.: Машиностроение, 1998. – 168 с., [Polyaev V.M., Majorov V.A., Vasil'ev L.L. Gidrodinamika i teploobmen v poristykh ehlementakh konstruksij letatel'nykh apparatakh. – M.: Mashinostroenie, 1998. – 168 s.]

15 *Шитикова Е.В., Табунщик Г.В.* Анализ рисков газотурбинных установок наземного применения // Вісник двигунобудування. – 2012. – №1. – С. 54 - 59., [SHitikova E.V., Tabunshhik G.V. Analiz riskov gazoturbinykh ustanovok nazemnogo primeneniya // Visnik dvigunobuduvannya. – 2012. – №1. – S. 54 - 59]

16 *Скиба М.В.* Тенденции развития рынка газотурбинных установок // Вестник Самарского государственного университета. Серия «Экономика и управление». – 2015. – №9/2 (131). – С. 156 – 164., [Skiba M.V. Tendentsii razvitiya rynka gazoturbinykh ustanovok // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «EHkonomika i upravlenie». – 2015. – №9/2 (131). – S. 156 – 164.]

17 *Имангазин М.К., Ермуханбетова Ж.Г.* Оценка риска опасности аварий на электростанции ТОО «ЖАНАЖОЛСКАЯ ГТЭС» Актюбинская область // Успехи современной науки. – 2017. – Т.6, №6. – С. 119 - 123., [Imangazin M.K., Ermukhanbetova ZH.G. Otsenka riska opasnosti avarij na ehlektrostantsii TOO «ZHANAZHOLSKAYA GTEHS» Aktyubinskaya oblast' // Uspekhi sovremennoj nauki. – 2017. – Т.6, №6. – S. 119 - 123.,]

18 *Минацевич С.Ф., Долинов А.Л., Минацевич Е.С.* Анализ безопасности современных газоперекачивающих агрегатов и экономическая оценка рисков чрезвычайных ситуаций // Научные исследования и инновации. – 2013. – Т.7, № 1-4. – С. 140 – 146., [Minatsevich S.F., Dolinov A.L., Minatsevich E.S. Analiz bezopasnosti sovremennykh gazoperekachivayushhikh agregatov i ehkonomicheskaya otsenka riskov chrezvychajnykh situatsij // Nauchnye issledovaniya i innovatsii. – 2013. – Т.7, № 1-4. – S. 140 – 146]

19 *Соколов В.С.* Газотурбинные установки. // М.: Издат. Высшая школа,

1986. – С. 150., [Sokolov V.S. Gazoturbinnye ustanovki. // М.: Izdat. Vysshaya shkola, 1986. – С. 150.]

20 Цанев С.В., Буров В.Д., Осыка А.С. Газотурбинные энергетические установки: учебное пособие для вузов / под ред. С.В. Цанева – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 174 с., [Tsanev S.V., Burov V.D., Osyka A.S. Gazoturbinnye ehnergeticheskie ustanovki: uchebnoe posobie dlya vuzov / pod red. S.V. TSaneva – М.: Izdatel'skij dom МЭИ, 2011. – 174 с.]

21 Плоткин Е.Р., Трубилов М.А. К вопросу о пуске паровых турбин паром номинальных и скользящих параметров // Теплоэнергетика. – 1963. – № 9. – С. 6- 8., [Plotkin E.R., Trubilov M.A. K voprosu o puske parovykh turbin parom nominal'nykh i skol'zyashhikh parametrov // Teploehnergetika. – 1963. – № 9. – С. 6- 8]

Генбач А.А., доктор технических наук, профессор,

Бондарцев Д.Ю., доктор PhD , доцент, e-mail: d.bondartsev@inbox.ru

Айтмагамбетов А.А., магистрант, e-mail: Aitmagambetov12@gmail.com

ГОРНОЕ ДЕЛО

МРНТИ 52.47.23

А.С. Ермакова¹, Е. Тилеуберди^{2,3}, Е.К. Онгарбаев^{2,3}, Б.К. Масалимова¹

¹Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан

³Институт проблем горения, г. Алматы, Казахстан

ОСОБЕННОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК И СОСТАВА НЕФТЕБИТУМИНОЗНЫХ ПОРОД КАЗАХСТАНА

Аннотация. В статье рассмотрены особенности характеристик, состава и местоположения нефтебитуминозных пород (НБП) Казахстана. Нефтебитуминозные породы состоят из минеральной части, находящейся в породах и природного битума в виде пленок, обволакивающих частиц минерального материала. В нефтебитуминозных породах прослеживается весьма неравномерная насыщенность и широкий диапазон концентрации битумов по площади простираения пластов и горизонтов от 1-2 до 80-90%. Характерной особенностью месторождения битуминозных пород является их удаленность от транспортных путей и источников энерго- и водоснабжения. Существует несколько способов отделения природных битумов от минеральной части породы. Нефтебитуминозные породы как относительно дешевый материал могут служить сырьем в нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности, гражданском и дорожном строительстве и в других отраслях экономики. **Ключевые слова:** нефтебитуминозные породы, природные битумы, месторождение, извлечение, ИК-спектры.

• • •

Түйіндеме. Мақалада Қазақстанның мұнай-битумды жыныстарының сипаттамалары мен құрамының ерекшеліктері, таралуы мен орналасуы қарастырылды. Мұнай-битумды жыныстар тау жыныстарында орналасқан минералды бөліктен және минералды материалдың бөліктерін сыртынан жабатын табиғи битумнан тұрады. Мұнай-битумды жыныстарда 1-2-ден 80-90%-ға дейінгі қабаттар мен горизонттардың созылу аймағында біркелкі емес битум концентрациясының кең ауқымы байқалады. Битумды жыныстардан тұратын кен орындарының ерекшелігі сол, олар көлік жолдары мен энергия, сумен жабдықтау көздерінен алыс орналасқан. Табиғи битумдарды жыныстың минералды бөлігінен бөлудің бірнеше жолы бар. Мұнай-битумды жыныстар салыстырмалы түрде арзан материал ретінде

мұнай өңдеу, мұнай-химия және химия өнеркәсібінде, азаматтық және жол құрылысында және экономиканың басқа салаларында шикізат ретінде қызмет ете алады.

Түйінді сөздер: мұнай-битумды жыныстар, табиғи битумдар, кен орны, бөліп алу, ИҚ-спектрлер.

• • •

Abstract. The article considered the features of the characteristics and composition, location of oil sands (oil bituminous rocks) of Kazakhstan. Oil sands consist of a mineral part located in the rocks and natural bitumen in the form of films enveloping particles of mineral material. In oil bituminous rocks, there is a very uneven saturation and a wide range of bitumen concentrations over the area of the strata and horizons from 1-2 to 80-90%. A characteristic feature of bituminous rock deposits is their remoteness from transport routes and sources of energy and water supply. There are several ways to separate natural bitumen from the mineral part of the rock. Oil bituminous rocks as a relatively cheap material can serve as raw materials in the oil refining, petrochemical and chemical industries, civil and road construction, and in other sectors of the economy.

Keywords: oil sands, natural bitumen, field, extraction, IR-spectra.

Введение. Рост потребления нефтепродуктов в промышленно развитых странах мира обусловил стремительное повышение и нестабильность цен на них, а относительно ограниченные запасы нефти заставляют ученых искать новые рентабельные источники углеводородного сырья, еще не вовлеченные в сферу добычи и потребления. К таковым в первую очередь относятся нефтебитуминозные породы, содержащие высоковязкие нефти, мальты, асфальты, асфальтиты и другие члены семейства сильно окисленных и гипергенно измененных нефтей или природных битумов [1-5]. Нефтебитуминозные породы состоят из минеральной части, находящейся в породах и природного битума в виде пленок, обволакивающих частицы минерального материала. Кроме того, в состав НБП входят вода и воздух. Основными компонентами нефтебитуминозных пород являются кварц и полевые шпаты, составляющие до 80-90 мас. % породы. Вмещающие породы представлены песками и песчаниками, перемежаемыми тонкими прослоями глин и алевролитов [3-7]. Для нефтебитуминозных пород характерны достаточно высокая

вязкость и липкость. Характерной особенностью месторождений битуминозных пород является их удаленность от транспортных путей и источников энерго- и водоснабжения [7-9].

Для освоения таких месторождений необходимо строительство железных и автомобильных дорог, линий электропередачи и водоводов длиной в десятки и сотни километров. Такие большие капитальные вложения могут окупиться только при освоении крупных по запасам месторождений. Для мелких месторождений целесообразна технология открытых работ с использованием автономного добычного и транспортного оборудования, не требующего строительства линий энергоснабжения и железных дорог. Основные залежи НБП сосредоточены в сводовых частях локальных поднятий Мангышлака и Прикаспийской впадины. Стратиграфический диапазон распространения месторождений и проявлений твердых и вязких пород весьма широк – от девонских до современных отложений включительно. Эти месторождения могут иметь большое распространение как по площади, так и в глубину [1-3].

Недостаточная разведанность месторождений битуминозных пород даже на глубинах 20-50 м, отсутствие большого спроса и заказчиков обусловили низкий уровень техники и технологии разработки, транспортирования и применения этих пород Казахстана [7,8],[10,11].

Нефтебитуминозные породы на территории Казахстана. В Казахстане на территории Актюбинской, Атырауской и Мангистауской областей выявлено и зарегистрировано свыше 100 месторождений и проявлений нефтебитуминозных пород. По предварительным данным на глубинах до 120 м залегают 15-20 млрд. т битуминозных пород. Они имеют мелкопесчанистую и супесчано-суглинистую минеральную часть. Обнаружены в западных регионах республики и являются перспективными для приращивания запасов углеводородного сырья (рисунок 1). Проведенной геологической разведкой в Западном Казахстане установлено, что мощность вскрыши большинства месторождений не превышает 12 м, а глубина залегания 60 м, полезная порода этих месторождений характеризуется высоким содержанием органической части и значительными запасами, песчаным типом коллектора, что предопределяет разработку этих месторождений карьерным способом – экскаваторами, а транспортировку – автомобильным и железнодорожным транспортом. По условиям залегания известны четыре основных типа залежей природных битумов (ПБ): пластовый, линзовидный, жильный и поверхностный [3,12-15].

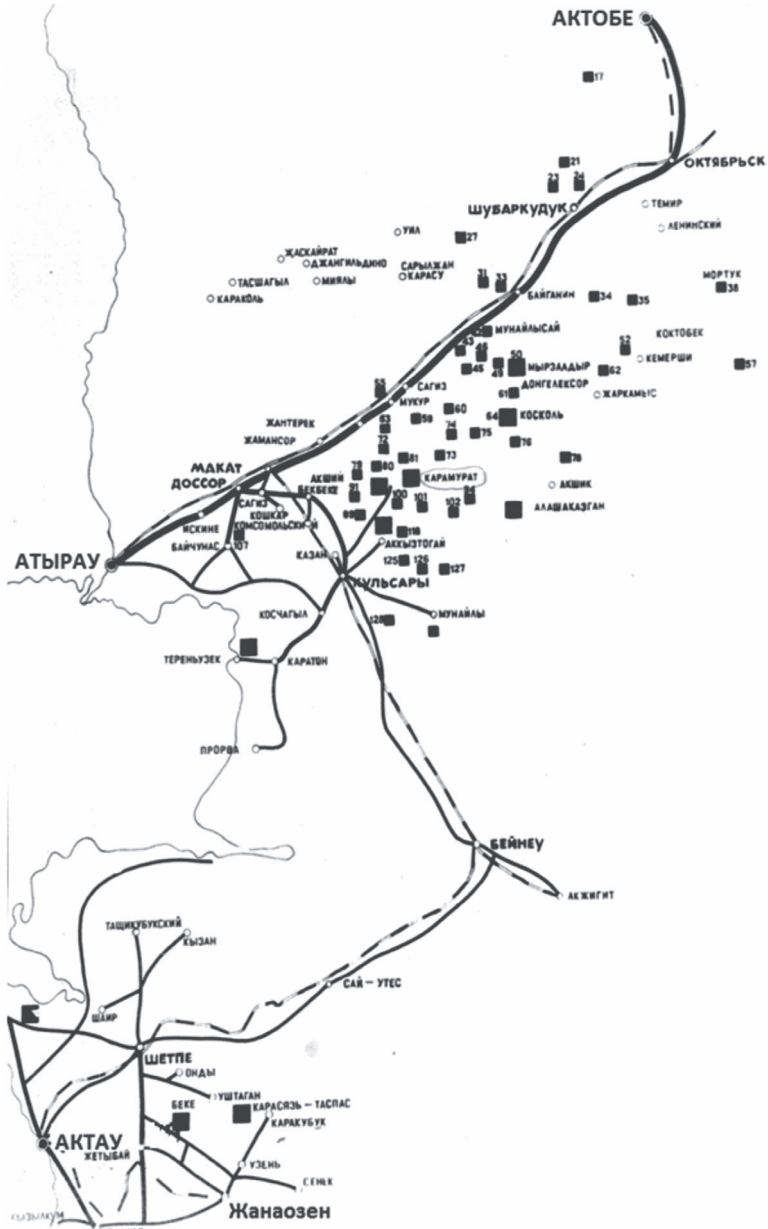


Рисунок 1 – Схема расположения месторождений НБП Казахстана

Условные обозначения:

- действующие карьеры, (Мунайлы Мола (Карамурат) – 4,2 млн.т., Алтайский (Мырзаадыр) – 522 тыс.т., Беке – 4,5 млн.т.);

- детально разведанные месторождения, (Алашаказган – 799 тыс.т., Акший – 600 тыс.т., Иманкара – 1,0 млн.т.);

- месторождения в разведке, (31.Кумбоур 250 тыс.т., 35. Итассай, 42. Мунайлысай, 50 тыс.т, 43. Талдысай, 45. Копа, 49. Сарлык, 51. Тогызкөнүшак, 59. Узынколь, 60. Шоба, 61. Донгелексор, 63. Бектабан, 72. Жалгыз, 73. Карасай, 100 тыс.т, 74. Жаманкобланды, 75. Кияктысай, 79. Котыртас, 80. Жыланкабак, 107. Тентексор);

- проявления, (17. Шиликты, 21. Жаманаш, 24. Кейкебас, 27. Кокбулак, 31. Караганда, 33. Соркудук, 38. Мортук, 46. Левите, 52. Акжар, 55. Орысказган, 57. Кокпекты, 62. Курсай, 64. Косколь, 76. Акшоқы, 78. Каражар, 91. Алимбай, 94. Шийлисай, 99. Койкара, 100. Кызылколь, 101. Жубантам, 102. Канжига, 115. Жусалысай, 125. Кольжан, 126. Бокачи, 127. Аралтобе).

Типы месторождений нефтебитуминозных пород. В Казахстане имеются два типа месторождений нефтебитуминозных пород. Первый тип - залегающие непосредственно на поверхности или на небольшой глубине до 50 м. Это могут быть крупные месторождения с запасами от десятков, до сотен млн. т по породе. Эти месторождения могут иметь большое распространение как по площади, так и в глубину. Мощность покрывающих пород составляет обычно от несколько десятков, до сотен метров. Содержание битума в породе составляет до 20%. Природные битумы в них недостаточно окислены и по характеру близки к высоковязким нефтям [2,10-13]. Такие месторождения по запасам могут быть как сравнительно небольшими (Мунайлы Мола, Иман-Кара, Беке-Таспас и др.), так и очень крупными (залежь № 1 месторождения Мортук). Месторождения битуминозных пород первого типа могут эффективно разрабатываться открытым способом. Второй тип – месторождения, залегающие на большой глубине (более 100 м). Обычно это пластообразные или линзообразные, пологие или горизонтальные залежи. Битумы в них по характеру ближе к промышленным нефтяным битумам. По запасам нефтебитуминозных пород эти месторождения также различны. Месторождения второго типа разведаны менее детально, чем первого, разработка их открытым способом нецелесообразно из-за больших объемов вскрышных работ [10,11]. Содержание битума в НБП месторождения Мунайлы Мола колеблется от 5,7 до 94,6 %, составляя в среднем по месторождению – 26,1%. На основании данных, полученных в процессе детальной разведки, балансовые запасы нефтебитуминозных

пород месторождения по категориям C_1 составляют 5506 тыс. т, по категории C_2 – 66 тыс. т (в сумме 5 572 тыс. т) [1].

Содержание битума в НБП месторождения Иман-Кара колеблется от 4,9 до 92,1%, составляя в среднем по месторождению – 23,6%. На основании данных, полученных в процессе детальной разведки, балансовые запасы нефтебитуминозных пород месторождения классифицированы по категории C_1 и составляют 1 689 тыс. т, забалансовые по категории C_1 и C_2 в количестве 790545 т и 421 475 т соответственно. Среднегодовая добыча составляет 112,6 тыс. т в год. В общей сложности запасы двух месторождений составляют 7-7,5 млн.т. Оба месторождения находятся в 56 км от районного центра г. Кульсары и в 52 км на юго-восток от железнодорожной станций Жантерек и 20 км на восток от г. Атырау. Доступ к месторождениям возможен по сети автомобильных дорог, пригодных для движения в любое время года [1-3].

Состав нефтебитуминозных пород. В нефтебитуминозных породах содержание природного битума изменяется в широком диапазоне, даже в пределах одного месторождения (от 5 до 80 мас. %). На основании этих данных прослеживается весьма неравномерная насыщенность и широкий диапазон концентрации битумов по площади простирающихся пластов и горизонтов от 1-2 до 80-90%. Для подавляющего большинства месторождений характерна тенденция увеличения содержания битума с глубиной. Свойства битумов в породах не всегда однородны даже в пределах одного месторождения, однако в целом их следует рассматривать как вязко-жидкие. Битуминозные породы занимают промежуточное положение между вязкими и жидкими нефтяными битумами промышленного производства [3,4], [7,8]. Битумами называются различного рода смолы, а битуминозными–смоло-содержащие вещества. К ним принадлежат как природные битуминозные вещества – асфальты, так и искусственные – пеки и смолы. Из них асфальты применялись в строительной технике в качестве вяжущих материалов еще в древности, за несколько тысяч лет до начала нашей эры; пеки и смолы служили чаще в качестве материалов для обмазки, для различного рода изоляционных слоев, выделки лаков и т.п., а также для классификации природных асфальтов, и лишь в последнее время приобрели самостоятельное значение, как вяжущие вещества при постройке и содержании шоссейных дорог. Большинство из них при нагревании (а некоторые и при обыкновенной температуре) издают характерный запах, вследствие присутствия летучих

при данной температуре составных частей. Цвет их чаще всего темный – черный или темно-коричневый. По составу битумы представляют смеси различных углеводородов, содержат также в небольших количествах кислород, азот, иногда серу; в большинстве присутствуют минеральные примеси [16, 17]. Битумы, полученные из нефтебитуминозных пород, имеют высокую адгезионную способность. Они дают хорошее сцепление с мрамором, известняками и удовлетворительное с гранитом. Плотность битумов в НБП в среднем – $0,983 \text{ г/см}^3$.

Битумы месторождения Беке-Таспас относятся к классам асфальтов и мальт. В составе масел всех исследованных битумов преобладают метаново-нафтеновые углеводороды. Для класса мальт они составляют 50,6-77,5; 42,1-59,6 и 44,4-75,1%, соответственно в месторождениях Мортук, Акжар и Беке-Таспас. Для класса асфальтов месторождения Мортук они имеют значение 66,4-82,8% и в месторождении Карасязь-Таспас – 79,3% [3-13]. Данные ИК-спектromетрии показали сходство химической структуры изученных битумов месторождений Мортук, Акжар и Беке-Таспас, выражающееся в преобладании насыщенных структур в виде CH , CH_2 и CH_3 (полосы в области $3000\text{-}2800 \text{ см}^{-1}$, 1465 , 1378 см^{-1}) и групп CH_2 , входящих в состав длинных парафиновых цепей (полоса 720 см^{-1} довольно слабо выраженная). Для всех характерна объединённость ароматическими структурами разных типов замещения (область $900\text{-}750 \text{ см}^{-1}$) и значительное содержание кислородных соединений с группами C=O , COOH и OH в виде алифатических кислот (полосы 1700 , 950 см^{-1} , размытое поглощение $3400\text{-}3200 \text{ см}^{-1}$) и в подчиненных количествах в других формах: типа сложных алифатических эфиров (1750 , 1170 см^{-1}), кетонов, альдегидов ($1725\text{-}1680$, 1290 см^{-1}) и, возможно, ароматических эфиров (1720 см^{-1}). Судя по ИК-спектрам поглощения, классы асфальтов и асфальтитов закономерно отличаются большей степенью обогащённости ароматическими связями C=C (интенсивность полосы 1600 см^{-1}) по сравнению с классом мальт, что связано с остаточным накоплением этих связей в процессе окисления. Для класса мальт величина оптической плотности D_{1600} имеет значение $0,10\text{-}0,35$, а для классов асфальтов и асфальтитов – $0,40\text{-}0,68$.

Для одного и того же класса битумов в пределах изученных интервалов глубин бурения обнаруживаются определенные различия в содержании кислородных групп C=O , в частности, кислотного типа: величина оптической плотности D_{1700} полосы поглощения групп C=O изменяется в пределах от $\sim 0,15$ до $0,68$ для мальт и от $0,69$ до $0,88$

для асфальтов месторождения Мортук. Отдельные битумы (например, проба 13 из скважины 838, гл. 204,0-208,5) из этого месторождения отличаются очень низким содержанием групп C=O ($D_{1700}=0,15$) и по своей химической структуре близки к нефти, что согласуется с данными элементного и группового состава. Аналогичные вариации в изменении содержания групп C=O наблюдаются и для других битумов изученных месторождений. Вероятно, эти различия обусловлены разной интенсивностью и характером окислительных процессов, а также разным и, видимо, неоднократным временем поступления углеводородных флюидов [2,3], [12,13].

Выявлено, что битумы, отобранные на небольших глубинах бурения, в разной степени гипергенно изменены, что отражается в характере их химической структуры и состава. В составе метаново-нафтенной фракции битумов изученных месторождений количественно определены n-алканы с числом углеродных атомов $C_{12-15}-C_{30-32}$, изопреноидные углеводороды состава $C_{13-14}-C_{25}$. Среди метаново-нафтенных углеводородов, выделенных из битумов месторождений Мортук, Акжар и Беке-Таспас преобладают цикланы и изоалканы (от 58,1 до 78,1 %). Содержание нормальных и изопреноидных соединений не превышает 1-2 %. Метановые углеводороды изученных битумов имеют практически одинаковый состав. В них низкое содержание углеводородов с числом углеродных атомов до C_{16} , максимум в распределении n-алканов падает на углеводороды $C_{16}-C_{22}$. Отношение $n-C_{16}-n-C_{22}/n-C_{23}-n-C_{29}>1$. Среди изопреноидных соединений преобладают углеводороды с числом углеродных атомов выше C_{20} . Содержание реликтовых углеводородов (пристан+фитан) не превышает 48 % на метаново-нафтенную фракцию. В то же время доля пристана и фитана неодинакова. Так, в битумах месторождений Мортук и Беке-Таспасфитан преобладает над пристаном, а в битумах месторождения Акжар пристана больше, чем фитана [2, 3], [12, 13].

Наличие в нефтебитуминозных породах и остатках угле-, нефтепереработки высокомолекулярных соединений обуславливает значительные межмолекулярные взаимодействия и образование надмолекулярных структур в них при обычных температурах. В связи с этим регулируя межмолекулярные взаимодействия соединений, сосредоточенных в тяжелых остатках нефтебитуминозных пород, можно управлять их вязкими свойствами [7,16,18]. Вязущие свойства этих пород, представляющих собой дисперсные системы, зависят от химического состава дисперсионной среды и от природы и размера эле-

мента структуры дисперсной фазы. Регулирование размеров сложных структурных единиц – радиуса ядра и толщины сольватной оболочки – под действием различных внешних факторов (механических воздействий, скорости нагрева и охлаждения, технологических добавок и др.) является эффективным и перспективным методом интенсификации производства битумов из нефтебитуминозных пород, регулируя их физико-химических свойств. В работах [19-23] теоретически доказано, что между размерами сложных структурных единиц в сырье, технологией производства нефтяных битумов, их физико-химическими, механическими и эксплуатационными свойствами имеется взаимосвязь.

Способы извлечения природных битумов. Существует несколько способов отделения природных битумов от минеральной части породы. Первый, наиболее распространенный способ – горячая отпарка щелочной водой, нагретой до 85-90°C, во вращающихся барабанах с последующей экстракцией бензином. Извлечение битума из породы в этом случае достигает 90% от его содержания в породе, но оно зависит от свойств последнего и при содержании органики в породе ниже 11% резко снижается. Существенный недостаток такого способа – большой расход воды и большое количество шлама, загрязненного органикой и щелочью. Шлам этот сбрасывается в специальные пруды-отстойники, существенно загрязняющие окружающую среду [1-3], [24].

Второй способ – прямая экстракция битума из измельченной породы органическими растворителями (бензол, толуол, гексан, бензин, керосин, хлоруглеводороды). Такой способ дает возможность извлечь всего от 60 до 95% органики из породы, сопряжен с большими потерями дорогого растворителя (со шламом), большими энергозатратами на регенерацию огромного количества растворителя (при кратности его подачи порядка 3-5), взрыво- и пожароопасностью. В упомянутых случаях извлечения битума из породы образуется очень стойкая эмульсия воды с органической массой за счет влаги, образующейся при горении в пласте, либо за счет экстрагирующей воды. Стойкость такой эмульсии определяется тем, что нефтебитуминозные породы богаты эмульгаторами, плотность их близка к плотности воды, а размеры частичек воды очень малы. Разделение этих эмульсий представляет сложную задачу и обычными технологическими приемами ЭЛОУ невозможно, даже при подаче деэмульгатора в 20-30 раз большей, чем для обычных нефтей. Для того чтобы обезводить и обессолить извлеченные этими методами природные битумы, к ним до ЭЛОУ добавляют 10-15% легкого растворителя - керосина,

который заметно снижает плотность и вязкость смеси и одновременно являясь неэлектролитным деэмульгатором, растворяет часть сольватных оболочек у глобул воды. В этом случае свойства эмульсии приближаются к свойствам обычной нефти и становится возможным отделение воды в 2-3 ступени по схеме обычной ЭЛОУ. Растворитель циркулирует в системе ЭЛОУ: она подается в поток нефти до ЭЛОУ вместе с деэмульгатором, а после ЭЛОУ отгоняется от нефти и возвратится на вход в ЭЛОУ [1-4]. Имеются также другие методы извлечения битума- ультразвуковой, в среде сверхкритического флюида, пиролиз и термический методы и т.д. [25-30].

Заключение. Таким образом, органическая часть нефтяных пород может служить перспективным источником получения различных видов топлив, масел, кокса, битума и гуминсодержащих веществ.

Список литературы

1 *Надилов Н.К., Алтаев Ш.А. и др.* Способ разработки и транспортирования нефтяных пород с высоким содержанием битума // Нефтепереработка и нефтехимия. – 1980. – № 5. – с.50-53б [Nadirov N.K., Altaev S.H.A. i dr. Sposob razrabotki i transportirovaniya neftebituminoznykh porod s vysokim soderzhaniem bituma // Neftepererabotka i neftekhimiya. – 1980. – № 5. – s.50-53]

2 *Бочаров В.С., Надилов Н.К., Бишимбаев В.К.* Битуминозные породы. – Алматы: Атамұра, 1987. – с.200, [Bocharov V.S., Nadirov N.K., Bishimbaev V.K.. Bituminoznye porod. – Almaty: Atamura, 1987. – s.200]

3 *Надилов Н. К.* Высоковязкие нефти и природные битумы: в 5 т. – Алматы: Ғылым, 2001. – Т.1. – с. 360, [Nadirov N. K. Vysokovyazkie nefiti i prirodnye bitumy: v 5 t. – Almaty: Fylym, 2001. – Т.1. – s. 360]

4 *Ye. Tileuberdi.* Nanostructure of Bitumen Produced from Heavy Oil: Ph.D. thesis, – 2014. – P. 102.

5 *Songhun Yoon, SharadDurgashanker Bhatt, Wonkyu Lee, Heung Yeoun Lee, Soon YongJeong, Jin-OokBaeg, and Chul Wee Le.* Separation and characterization of bitumen from Athabasca oil sand // Korean J. Chem. Eng. – 2009. – Vol. 26(1). – P. 64-71.

6 *Ye. Tileuberdi, Z. Mansurov, Ye. Ongarbayev, B. Tuleutaev.* Structural study and upgrading of Kazakhstan oil sands // Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2015. – Vol. 17 (1). – P. 41-45.

7 *Banerjee, Dwijen K.* Oil sands, heavy oil and bitumen. – Tulsa, USA: RenWell, 2012. – P. 185.

8 *Онгарбаев Е.К., Иманбаев Е.И., Тилеуберди Е., Мансуров З.А., Тулеутаев Б.К., Кривцов Е.Б., Головкин А.К.* Нефтяные битуминозные породы как нетрадиционный вид углеводородного сырья // Материалы VIII Международного симпозиума «Горение и плазмохимия» и международной

научно-технической конференции «Энергоэффективность-2015». – Алматы, 17-18 сентября 2015 г. – с. 72-75, [Ongarbaev E.K., Imanbaev E.I., Tileuberdi E., Mansurov Z.A., Tuleutaev B.K., Krivtsov E.B., Golovko A.K. Neftebituminoznye porody kak netraditsionnyj vid uglevodorodnogo syr'ya // Materialy VIII Mezhdunarodnogo simpoziuma «Gorenie i plazmokhimiya» i mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferentsii «Energoeffektivnost'-2015». – Almaty, 17-18 sentyabrya 2015 g. – s. 72-75.]

9 James G. Speight. Oil sand production processes. Elsevier Inc. – 2013. – 175 p.

10 Алемасов В.Е. Комплексное освоение природных битумов и высоковязких нефтей. – Казань: 1992.– с.310, [Alemasov V.E. Kompleksnoe osvoenie prirodnykh bitumov i vysokovyazkikh neftej. – Kazan': 1992.– s.310]

11 Якуцени В.П., Петрова Ю.Э., Суханов А.А. Динамика доли относительного содержания трудноизвлекаемых запасов нефти в общем балансе // Нефтегазовая технология. Теория и практика. –2007. –№2.– с. 67-70, [Yakutseni V.P., Petrova YU.EH., Sukhanov A.A. Dinamika doli otnositel'nogo sodержaniya trudnoizvlekaemykh zapasov nefiti v obshhem balanse // Neftegazovaya tekhnologiya. Teoriya i praktika. –2007. –№2.– s. 67-70]

12 Агапов Н.Ф. Кыры Эмбенского района. –Алматы: Наука, 1962. – с.260, [Agapov N.F. Kiry EHmbenskogo rajona. –Almaty: Nauka, 1962. – s.260]

13 Надиров Н.К. Нефтебитуминозные породы. –Алматы: Наука, 1982. – с.210, [Nadirov N.K. Neftebituminoznye porody. –Almaty: Nauka, 1982. – s.210.]

14 Ongarbaev Ye., Tileuberdi Ye., Tuleutaev B., Mansurov Z., Sultanov F., Behrendt F. Extraction and Thermal Processing of Beke Oil Sands // Advanced Materials Research. – 2014. – Vols. 1025-1026. – P. 60-63.

15 Султанов Ф., Тилеуберди Е., Мансуров З., Онгарбаев Е., Behrendt F. Термоконтатный способ переработки нефтебитуминозной породы месторождения Мунайлы Мола в присутствии углеводородного газа // Промышленность Казахстана. – 2013. – №4. – с. 64-67, [Sultanov F., Tileuberdi E., Mansurov Z., Ongarbaev E., Behrendt F. Termokontaktnyj sposob pererabotki neftebituminoznoj porody mestorozhdeniya Munajly Mola v prisutstvii uglevodorodnogo gaza // Promyshlennost' Kazakhstana. – 2013. – №4. – s. 64-67]

16 Mohan S. Rana, Vicente Samano, Jorge Ancheyta J.A.I. Diaz. A review of recent advances on process technologies for upgrading of heavy oils and residua // Fuel. – 2007. – Vol. 86. – P. 1216-1231.

17 Imanbayev Ye., Tileuberdi Ye., Ongarbayev Ye., Mansurov Z., Batyrbayev A., Akkazin Ye., Krivtsov E., Golovko A., Rudyk S. Changing the Structure of Resin-Asphaltenes Molecules in Cracking // Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2017. – Vol. 19, No. 2. – P. 147-154.

18 Tileuberdi Ye., Ongarbaev Ye., Tuleutaev B., Mansurov Z., Behrendt F. Study of Natural Bitumen Extracted from Oil Sands // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 467. – P. 8-11.

19 Елькин В.Н., Стрельникова В.Я., Кручинина А.Д. Изучение свойств битумосодержащих пород месторождений западного Казахстана // Автомобильные дороги. – 1983.– №3.– с. 9-14, [El'kin V.N., Strel'nikova V.YA., Kruchinina A.D. Izuchenie svojstv bitumosoderzhashhikh porod mestorozhdenij zapadnogo Kazakhstana // Avtomobil'nye dorogi. – 1983.– №3.– с. 9-14]

20 *Муфтахов Е.М.* Реологические свойства нефтей и нефтепродуктов.– М.: Юрист, 2001. – с.80, [Muftakhov E.M. Reologicheskie svojstva neftej i nefteproduktov.– М.: YUrist, 2001. – s.80,]

21 *Пузин Ю.И.* Химия нефти и газа.– М.: Юрист, 2004. – с.132, [Puzin YU.I. KHimiya nefiti i gaza.– М.: YUrist, 2004. – s.132]

22 *Поконова Ю. В. и др.* Химия нефти. –Л.: Химия, 1984. – с.360, [Pokonova YU. V. i dr. KHimiya nefiti. –L.: KHimiya, 1984. – s.360]

23 *Серебряков А. Ю., Гуреев А.А. и др.* // Нефтепереработка и нефтехимия. –1985.–№ 2.– с. 12-14, [Serebryakov A. YU., Gureev A.I.,-A i dr. // Neftepererabotka i neftekhimiya. –1985.–№ 2.– s. 12-14,]

24 *Andy Hong P.K., Zhixiong Cha, Xinyue Zhao, Chia-Jung Cheng, Willem Duyvesteyn.*: Extraction of bitumen from oil sands with hot water and pressure cycles// Fuel Processing Technology. – 2013. – Vol. 106. – P. 460–467.

25 *Abramov O.V., Abramov V.O., Myasnikov S.K., Mullakaev M.S.* Extraction of bitumen, crude oil and its products from tar sand and contaminated sandy soil under effect of ultrasound // Ultrasonic's Sonochemistry. – 2009. – Vol. 16. – P. 408-416.

26 *Yerdos Ongarbayev, Anatolii Golovko, Evgenii, Krivtsov, Erbol Tileuberdi, Yerzhan Imanbayev, Berikkazy Tuleutayev, Zulkhair Mansurov.* Thermocatalytic cracking of Kazakhstan's natural bitumen // STUDIA UBB CHEMIA, – 2014. - Vols. 59 (LIX. 4), – p. 57-64.

27 Патент РК № 1625. Способ переработки углеводородсодержащего сырья. Мансуров З.А., Тулеутаев Б.К., Онгарбаев Е.К., Тилеуберди Е., Султанов Ф.Р., Иманбаев Е.И., Берендт Ф. Оpubл. 31.08.2016, бюл. № 10, [Patent RK № 1625. Sposob pererabotki uglevodorodsoderzhashhego syr'ya. Mansurov Z.A., Tuleutaev B.K., Ongarbaev E.K., Tileuberdi E., Sultanov F.R., Imanbaev E.I., Berendt F. Opubl. 31.08.2016, byul. № 10,]

28 *Zhang Z., Ma X., Li H., Li X., Gao X.* Understanding the pyrolysis progress physical characteristics of Indonesian oil sands by visual experimental investigation. – Fuel, – 2018. - Vol. 216, – p. 29-35.

29 *Онгарбаев Е., Жамболлова А., Иманбаев Е., Тилеуберди Е., Головки А., Мансуров З.* Сверхкритическая флюидная экстракция природного битума месторождения «Беке» // Промышленность Казахстана. – 2016. – № 1. – с. 50-53, [Ongarbaev E., ZHambolova A., Imanbaev E., Tileuberdi E., Golovko A., Mansurov Z. Sverkhkriticheskaya flyuidnaya ehkstraktsiya prirodnogo bituma mestorozhdeniya «Beke» // Promyshlennost' Kazakhstana. – 2016. – № 1. – s. 50-53]

30 *Xu H.H. Okazawaet N.E., al.* In situ upgrading of heavy oils // PhD thesis, University of Birmingham, UK. 2014. – 323 p.

Ермекова А.С., докторант 2 курса, e-mail: ainura_1995_kz@mail.ru

Тилеуберди Е., доктор PhD, ассоциированный профессор,
e-mail:erbol.tileuberdi@kaznu.kz

Онгарбаев Е.К., доктор химических наук, профессор,
e-mail: erdos.ongarbaev@kaznu.kz

Масалимова Б.К., кандидат химических наук, ассоциированный профессор,
e-mail: massalimova15@mail.ru

Р.О. Нурлыбаев¹

¹Институт горного дела им. Д. А. Кунаева, г. Алматы, Казахстан

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ БУРОВЗРЫВНОГО КОМПЛЕКСА НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КАЗАХСТАНА, ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Аннотация. Приведены некоторые результаты исследований, освещающих аспекты и проблемы буровзрывного комплекса на горнодобывающих предприятиях. Цель исследований – установление уровня развития буровзрывного комплекса в горнорудной промышленности для повышения эффективности и безопасности добычи твердых полезных ископаемых в различных горно-геологических и горнотехнических условиях. Дана оценка полученным результатам, выявившая как положительные, так и проблемные стороны в вопросах развития и совершенствования буровзрывного комплекса. Обнаруженные слабые его стороны, их критический анализ и оценка позволили наметить пути решения проблем и указать перспективные направления по совершенствованию технико-технологического уровня буровзрывных работ для расширения области их эффективного применения

Ключевые слова: горнорудная промышленность, горнодобывающие предприятия, буровзрывной комплекс, взрывчатые вещества, управление энергией взрыва, горные породы, проведение выработок.

• • •

Түйіндеме. Еліміздегі кен өндіру кәсіпорындарындағы бұрғылайжару жиынтығының аспектерімен мәселелерінің зерттелген бірталай негізді нәтижелері келтірілген. Бұл жұмыстың мақсаты – ол әртүрлі таукен-геологиялық және таукентехникалық жағдайларда қатты пайдалы қазбаларды әсерлі және қауіпсіз қазып алу үшін, таукен өнеркәсібіндегі бұрғылайжару жиынтығының даму деңгейін анықтау. Бұл нәтижелерге баға беруде, олардың жағымды да жағымсыз жақтары бұрғылайжару жиынтығының даму және жетілу мәселелерін айқындайды. Жару жұмыстарын жүргізу барысында, алуантүрлі таукен-геологиялық жағдайларын ескере келе және таужыныстарының жиіде жылдам өзгеріп отыруына қарай бұрғылайжару жұмыстарын, әсерлі кең қолдану үшін ашылған кемістіктер жақтарын сыни түрде талдап бағалау арқылы, мәселелердің шешу жолдарымен болашақта бұрғылайжару жұмыстарының технико-технологиялық деңгейін жетілдіру бағыттары белгіленген.

Түйінді сөздер: таукен өнеркәсібі, кен өндіру кәсіпорындары, бұрғылайжару жиынтығы, жарылғыштық заттар, жарылыс энергиясын басқару, таужыныстар, қазбалар жүргізу.

Abstract. The article presents some research results, covering aspects and problems of the drilling and blasting complex, which are faced by the country's mining companies. The purpose of the research is to establish the level of development of the drilling and blasting complex in the mining industry to increase the efficiency and safety of mining solid minerals in various mining and geological and mining conditions. The analyzed results reveal both positive and problematic aspects in the development and improvement of the drilling and blasting complex. The weaknesses have been found, its their critical analysis and assessment made it possible to identify ways to solve problems and indicate promising areas for improving the technical and technological level of drilling and blasting operations to expand the field of their effective application, based on the variety of mining and geological conditions and the strength of rock characteristics.

Keywords: mining industry, mining enterprises, drilling and blasting complex, explosives, control of explosion energy, rocks, mine workings.

Введение. Казахстан по запасам твердых полезных ископаемых является одной из ведущих стран с развитой горнодобывающей промышленностью, где буровзрывной комплекс (БВК) имеет свою определенную ключевую роль, от которой напрямую зависят технико-экономические показатели (ТЭП) и рентабельность предприятия по добыче того или иного вида полезного ископаемого. Буровзрывной комплекс, сочетающий в себе буровые и взрывные работы (БВР) со своим соответствующим оборудованием и технологиями нацелен на разрушение и отделение от горного массива заданной его части для дальнейшей переработки и получения в конечном счете полезных компонентов. Поэтому материальный, технико-технологический уровень БВР непосредственно и во многом предопределяет эффективность горного производства по добыче, при необходимом уровне обеспечения безопасности ведения горных работ. Здесь особую роль нужно отвести производству самих взрывных работ, перед которыми в силу их специфичности ставятся большие требования по обеспечению заданных объемов и параметров отбиваемой горной массы при требуемой безопасности работ в очистных или проходческих забоях. Нынешнее состояние буровзрывного комплекса характеризуется существенным развитием как технических средств и технологий, так и способов ведения буровзрывных работ и методов (методики) расчетов их параметров. Буровзрывные работы при добыче твердых полезных ископаемых применяются повсеместно и в больших объемах, являясь важным составляющим звеном в общем комплексе работ [1,2].

Буровзрывной способ отбойки горных пород и/или руд к настоящему времени и очевидно далеко в перспективе будет оставаться самым эффективным, высокопроизводительным и надежным методом ведения взрывных работ в проходческих и очистных забоях по разрушению, дроблению и отделению от горного массива заданной его части с определенными параметрами для последующих технологических операций, как уборка, погрузка, транспортировка. Как утверждают ученые и специалисты, что еще длительное время буровзрывному способу отбойки не будет достойной альтернативы, так как взрыв по своей природе и химико-физической сути является самым мощным средством и инструментом, способным разрушать и раздробить практически любую твердую физическую среду самой высокой крепости и прочности. Но, вместе с тем как показывает обзор научно-технической информации, что в развитых европейских странах, а также и в Китае при строительстве туннельных сооружений во многих случаях предпочтение дают щитовой технологии, т.е. применению туннеллепроходческого механизированного комплекса (ТПМК), нежели буровзрывной -, так как первый метод в определенных ситуациях более экологичен, экономичен и эффективен в зависимости от конкретных условий туннеллестроения, исходя из физико-технических характеристик и параметров слагаемых горный массив пород, других влияющих факторов [3-6]. Объяснением этому может служить тот факт, что буровзрывной способ хоть и по-прежнему остается приоритетным вариантом, но в некоторых случаях при проходке туннелей не выгоден, не экономичен и не безопасен, в силу своих известных специфических, присущих только ему недостатков. Но, несмотря на это буровзрывная технология отбойки, благодаря своим неоспоримым преимуществам в горнодобывающей отрасли считается самым прогрессивным и передовым методом ведения взрывных работ как на подземных, так и на открытых горных работах в проходческих и очистных забоях [7-15]. К ней с учетом её характерной и специфической особенностей предъявляют определенные требования в целях повышения эффективности процесса отбойки на основе рационального управления действием энергии взрыва, при обеспечении необходимой безопасности работ, что безусловно является одной из актуальных проблем, требующих своего решения во многих горно-производственных ситуациях, обусловленных разнообразием горно-геологических, горнотехнических и других возможных факторов.

В нынешних условиях состояние буровзрывного метода отбойки и в целом развитие БВК на горнодобывающих предприятиях страны

и мира характеризуются тем, что постоянно совершенствуются как взрывчатые материалы и средства взрывания, техника и технология ведения БВР, так и научно-теоретическая их база, направленная на обеспечение эффективного и безопасного производства взрыва, в целях достижения наиболее высоких ТЭП горного предприятия как по добыче руды, так и по проведению выработок. Эффективность добычи рудной массы на горнодобывающих предприятиях во многом предопределяется достигнутым уровнем горнопроходческих работ, так как в стоимости добытой руды затраты на проведение выработок составляют 30-40%, а одна треть из этих затрат приходится на взрывные работы.

Цель и задачи исследования – установление и оценка уровня развития буровзрывного комплекса на горнодобывающих предприятиях страны для повешения эффективности и безопасности добычи твердых полезных ископаемых в различных горно-геологических и горнотехнических условиях. Достижение поставленной цели требует изучения научно-технических разработок и достижений в области буровзрывной технологии разрушения и отбойки горных массивов как в проходческих, так и очистных забоях.

Методы исследования – обзор литературных источников, изучение научно-технической информации, анализ и обобщение результатов исследований с критической их оценкой для обоснования необходимости дальнейшего развития и совершенствования исследуемого вопроса.

Результаты исследования и их обсуждение. Развитие материально-технической базы БВК, сопровождающееся постоянным совершенствованием технических средств и технологий буровзрывных работ продиктовано, прежде всего, все возрастающей потребностью в природных ресурсах для нужд различных отраслей промышленности. Это обуславливает наращивание мощи горного производства по увеличению темпов и объёмов добычи полезных ископаемых, что в свою очередь, непосредственно связано с увеличением объёмов горнопроходческих работ, направленных на проведение самых различных горных выработок с разными параметрами в различных горно-геологических и горнотехнических условиях. Сведения об объёмах горно-капитальных и горно-подготовительных работ приведены в таблице 1, откуда следует, что на долю буровзрывной технологии разрушения и отбойки приходится значительные объёмы горнопроходческих работ по проведению выработок различного назначения, протяженности, поперечного сечения с разной скоростью, что безусловно увеличивает нагруз-

ку на БВК горных предприятий. В настоящее время по некоторым ориентировочным данным на рудниках и шахтах в Казахстане ежегодно проходят более 600 км различных горных выработок. Только на рудниках предприятия Жезказганцветмет за год проходят около 60 км горизонтальных выработок, не считая наклонных и вертикальных, а всего вместе с ними в корпорации Казахмыс - более 100 км. Отсюда не трудно представить насколько БВК играет свою важную и ключевую роль в горно-рудной отрасли, от которой напрямую зависят ТЭП и рентабельность работы предприятия. В настоящее время буровзрывной комплекс отечественных и зарубежных горнодобывающих предприятий находится довольно на высоком материально-техническом уровне, оснащен современными высокопроизводительными буровыми и зарядными установками для бурения, зарядания шпуров и скважин разными по физико-химическим и взрывчатым показателям и назначениям взрывчатыми веществами (ВВ), а также эффективными средствами инициирования и взрывания зарядов ВВ, другими необходимыми механизмами и устройствами, включая вспомогательное оборудование для ведения буровзрывных работ в различных горно-геологических и горнотехнических условиях [3,7-15].

Определенный и неоценимый свой вклад в развитие горной отрасли, в том числе и взрывного дела внесли и продолжают вносить ученые и специалисты из различных научно-исследовательских, проектно и опытно-конструкторских организаций, научно-производственных структур в виде АО, ОАО или ТОО, занимающихся буровзрывной деятельностью и оказывающих посильную помощь горнодобывающим и смежным с ним строительным и гидростроительным предприятиям. Среди таких производственных структур и объединений, т.е. частных компаний, оказывающих те или иные услуги в области БВР в целях научно-технического обеспечения горного производства, например, следует отметить весомую роль и вклад НПП «Интеррин», которое вот уже на протяжении ряда лет совершенствует и разрабатывает всё новые высокоэффективные взрывчатые материалы и ВВ, а также технику и технологии взрывных работ, в целом развивая и совершенствуя взрывное дело и, тем самым, выводя его на новый качественный уровень [7,8]. Взрывная технология отбойки как основная составляющая часть или элемент БВК, являясь наукоемким вопросом требует своего совершенствования и эффективного применения во многих разнообразных горно-производственных условиях в зависимости от целого ряда факторов и их совокупного на неё влияния в той или иной степени [9-15].

Таблица 1 - Объемы горно-капитальных и горно-подготовительных работ на строящихся и действующих рудниках Республики Казахстан.

Вид работ и горных выработок	Рудники «Казахмыс»						Рудники «Каазинк»						Рудники «Шалкия ЛДД»		Рудники «Казхром»	
	Орловский	Артемьевский	Юбилейно-Сенгиринский	Шатрыкульский	Новоленингорский	Обручевский	Риддер-Сокольный	Тишинский	Малеевский	Шалкия	Шалкия «10 лет независимости Казахстана»	Шалкия «10 лет независимости Казахстана»	Шалкия «10 лет независимости Казахстана»	Шалкия «10 лет независимости Казахстана»	Шалкия «10 лет независимости Казахстана»	Шалкия «10 лет независимости Казахстана»
Горно-капитальные работы: вертикальные стволы, протяженность, м, объем в проходке, м³, скорость проходки, м/мес.	50	500	423	1122,51	2171	1369				623				623		
	500	25681	12360	32271	135168	67219				35851				35851		
	70	64	41,2	65	70	70				65				65		
Горизонтальные выработки: протяженность, м, объем в проходке, м³, скорость проходки, м/мес.	1044	7522	4460	60	472790	270360				42252				42252		
	12626	135093	84866	1296	150	75				740878				740878		
	259	110	100	100	150	85				100				100		
Восстающие выработки (лифтовые и закладочные восстающие) и закладочные восстающие: протяженность, м, объем в проходке, м³, скорость проходки, м/мес.	1131		180	50												
	5822		1800	48	9075											
	51,6		45	64	70											
Наклонные выработки (транспортные уклоны, спиральные съезды): протяженность, м, объем в проходке, м³, скорость проходки, м/мес.	3955	4776	497	5962		1995				3585				3585		
	58763	85964	6660	112445		5835				617718				617718		
	70	70	90	130		92				95				95		
Горно-подготовительные работы: горизонтальные выработки: протяженность, м, объем в проходке, м³, скорость проходки, м/мес.	12557		708,4	2775	42150					4918				4918		
	226191		8968	49945	150					1122960				1122960		
	242		100	105	70					110				110		
Восстающие выработки (блоковые, вентиляционные, материально-ходовые): протяженность, м, объем в проходке, м³, скорость проходки, м/мес.	50		120	692	3650											
	295		750	5910	70											
	45		45	65	70											

Особенное значение проблемы взрывной отбойки в горном деле обусловлено, прежде всего, все возрастающими объемами добычи полезных ископаемых, связанной с проведением горных выработок. В этих условиях даже относительно небольшое улучшение показателей взрывного разрушения пород, сокращение материальных и трудовых затрат на каждый метр проводимой горной выработки позволит получить весьма существенную экономию. Значительный прогресс в технике и технологии БВР, достигнутый в настоящее время, способствовал увеличению скорости проведения горных выработок и снижению трудоемкости отбойки горной массы на очистных и подготовительных работах. Но, тем не менее, решение задачи повышения скорости и темпа проведения горных выработок, а также повышения производительности труда рабочих требует дальнейших мер по коренному усовершенствованию техники и технологии БВР. Основным направлением технического прогресса на подземных горных работах, в том числе и при проходке горных выработок различного назначения, было и остается внедрение высокопроизводительного современного основного и вспомогательного самоходного оборудования, позволяющего осуществить комплексную механизацию всех операций проходческого цикла и обеспечивающего повышение производительности труда проходчиков в 3-4 раза и более по сравнению с предшествующим поколением – переносного оборудования. Но, вместе с тем приобретение предприятиями новых образцов высокопроизводительной техники для горнопроходческих работ увеличивает долю амортизационных отчислений из-за высокой их стоимости. В структуре затрат на добычу руды горно-капитальные и горно-подготовительные работы занимают 40-45% по трудоемкости и 15-35% по стоимости. Поэтому повышение эффективности горнопроходческих работ непосредственно приведет к снижению себестоимости добычи полезного ископаемого.

Другим не менее важным направлением совершенствования взрывных работ при проведении горных выработок являются процесс и метод управления энергией взрыва в целях повышения эффективности силы действия взрыва за счет максимального использования его энергии соразмерно расходу взрывчатых материалов и объему отбиваемых пород, исходя из их прочностных характеристик. Поэтому большинство широко применяемых ВВ изготавливают на местах их использования, что считается технически целесообразным и экономически выгодным, поскольку исключаются затраты на хранение и транспортировку от завода – изготовителя до места их потребления [7,8,12]. Кроме того, обеспечивается физическая стабильность ВВ,

которая обычно нарушается в результате хранения, транспортировки и даже во время заряжания, что снижает степень полезного использования энергии взрыва и удорожает её. Из-за снижения коэффициента полезного действия взрыва уменьшается и коэффициент использования шпура (КИШ) при прочих равных условиях, что снижает скорость и темп проведения выработки. А это значит, что с учетом общего объема ежегодно проводимых выработок различного назначения приводит к потере многих тысяч метров шпуров, скважин и наносит большой экономический ущерб горнорудной отрасли страны. При этом необходимо учитывать, что доля крепких и очень крепких горных пород с коэффициентом крепости 10-20 по шкале проф. М.М. Протодьяконова, в которых будут пройдены выработки в ближайшее время, превысит 60% от общего объема проходки.

Вполне закономерно, что главной задачей повышения эффективности взрывных работ в проходческих и очистных забоях, т.е. доминирующей в подземных условиях шпуровой отбойки, прежде всего, является достижение максимального значения КИШ и наибольшего продвижения (уходки) груди забоя выработки при минимальных материальных и трудовых затратах. Это реализуемо за счёт решения комплекса вопросов, связанных с управлением энергией взрыва, которое обусловлено основными факторами, как сохранение физической стабильности ВВ на всех стадиях, включая процесс заряжания и врубообразованием в частности [7,8]. Поэтому к управлению энергией взрыва необходимо подойти комплексно, решая задачи, связанные с обеспечением необходимых эксплуатационных свойств и характеристик ВВ, а также соответствующей врубовой полости и рациональных её параметров, позволяющих достижение наибольшего КИШ, что приобретает большую практическую значимость и актуальность, особенно с тенденцией увеличения глубины шпуров при проведении горных выработок.

При этом одним из главных условий повышения эффективности производства БВР, скорости и темпа проведения выработок является максимальное использование потенциальной технико-эксплуатационной возможности бурового оборудования с доведением глубины бурения шпуров до технологически возможного в зависимости от физико-технических характеристик горного массива, и площади поперечного сечения забоя выработки и применяемого типа ВВ, а также метода и схемы ведения работ в целом. В связи с этим совершенствование технологии и повышение эффективности взрывной отбойки, базирующиеся на развитии научно-технических основ управления энергией взрыва при проведении горных выработок, особенно в крепких породах на

больших глубинах является весьма актуальной задачей, имеющей как теоретическое, так и практическое значения в развитии буровзрывного комплекса в целом [9-15]. На современном этапе развития горнодобывающих предприятий буровзрывной комплекс характеризуется тем, что масштабы и объемы горнопроходческих и очистных работ из года в год неуклонно увеличиваются, в связи с этим параллельно совершенствуются и сами БВР. Всё это предъявляет высокие требования к научно-техническим разработкам, обеспечивающим горное производство и в части буровзрывных технологий. Неуклонное развитие комплекса буровзрывных работ, прежде всего, обусловлено с развивающимся уровнем науки и техники, а также вводом в эксплуатации все новых месторождений как с обычными, так и со сложными горно-геологическими, гидрогеологическими, геомеханическими условиями, требующими к ним комплексного научно-технически обоснованного подхода. Расширение объемов добычи полезных ископаемых и сокращение затрат на их вскрытие и подготовку несовместимо с устаревшими концепциями, заложенными в проектных решениях, которые противоречат современным технико-экономическим требованиям.

Кроме того, в настоящее время в связи с продолжающимся истощением из года в год основных балансовых запасов месторождений полезных ископаемых, а следовательно наращиванием темпов повторной отработки более бедных балансовых и забалансовых руд, оставленных в различных целиках, в обрушенных и других труднодоступных зонах полевая подготовка приобретает особое значение, так как она связана и сопровождается с проведением самых различных горных выработок. Например, только в корпорации «Казакмыс», как уже было отмечено осуществляется и планируется значительный объем горнопроходческих работ, направленных на обеспечение очистной добычи оставленных менее балансовых и забалансовых запасов руд в различных сложных горно-геологических условиях. Совершенствованию техники и технологии буровзрывных работ, следовательно, повышению их эффективности при проведении горных выработок в настоящее время посвящено большое количество работ [7,8,11-15]. В целом исследование буровзрывного комплекса, основанного на применявшихся ранее в горной промышленности типах взрывчатых веществ, схемах и методах ведения взрывного разрушения, а также имевшегося в эксплуатации в то время арсенала горной техники для бурения и зарядания шпуров (скважин) и инициирования в них зарядов ВВ, уборки взорванной горной массы, далеко не в полной мере соответствует нынешнему состоянию, когда рудники оснащены высокопроизводительной самоходной буровой, зарядной,

погрузочно-доставочной техникой и другим необходимым оборудованием, в том числе и вспомогательным. Кроме того используются самые эффективные современные мощные ВВ, получившие широкое распространение в других смежных областях, как строительство, гидросооружение, туннелестроение, метрополитен и др.

Нынешнее состояние и перспективы технического перевооружения горнопроходческих работ обуславливают дальнейшее развитие теории и практики ведения взрывных работ. Техническое перевооружение предприятий с целью повышения производительности на очистных (добычных) работах требует пересмотра основных концепций проведения и крепления горных выработок в части БВР и поддержания контура этих выработок. Анализ современного состояния горных работ на отечественных и зарубежных предприятиях показывает, что проходческие работы имеют большой удельный вес в общем балансе горных работ. В среднем они, как уже отмечалось, занимают порядка 40-45% по трудоемкости. Для своевременной подготовки запасов руды к выемке (добыче) требуется высокая скорость и большие объемы проведения горных выработок. Использование новой эффективной и высокопроизводительной техники позволило планомерно усовершенствовать параметры и технологию БВР в проходческих и очистных забоях. Так, например, глубина шпуров увеличена до 3,5-4,0 м при прямом призматическом врубе с не заряжаемыми компенсационными скважинами 89 и 105 мм с различной схемой расположения их во врубе [8]. Для инициирования зарядов применяют неэлектрическую систему «Эдилин», а в качестве ВВ – гранулит А6 собственного изготовления. Для заряжания шпуров же используют эффективные пневмозарядчики РПЗ-06, также разработанные одним из ведущих в Казахстане в области взрывного дела НПП «Интеррин», которым руководил Тамбиев Г. И., доктор технических наук.

В результате подвигание забоя за цикл увеличилось на полную глубину бурения шпуров, практически без образования или незначительными «стаканами», т.е. значительно повысился КИШ, достигая в среднем значения 0,90-0,95. Производительность, темпы и объемы проходки выработок различного назначения возросли 2,0-2,5 раза. В ближайшие годы большой объем выработок будут проходить на глубине 800-1000 м и более, при этом следует отметить, что с увеличением глубины повышается прочность пород, а в массиве горных пород, окружающих выработку формируется область с повышенной концентрацией объемного напряженного состояния, что в целом приводит к снижению устойчивости породного массива. Эти факторы обуславливают необходимость разработки научно-обоснованных методов

эффективного управления энергией взрыва при проведении выработок в крепких горных породах, особенно на значительных глубинах, что имеет не только научное значение, но и в большую практическую значимость, так как позволит повысить скорость и снизить стоимость проведения выработок и в целом рентабельность работы горнодобывающих предприятий.

Анализ и обобщение научно-технической информации по вопросам буровзрывного комплекса и взрывных технологии позволили выявить нынешний уровень и тенденции развития их в современных условиях горнорудной промышленности. В настоящее время благодаря научно-исследовательским, проектным и опытно-конструкторским, инженерно-изыскательским, экспериментально-производственным и опытно-промышленным работам получены обширные результаты, способствовавшие совершенствованию техники и технологий, а также развитию теории и практики взрывного дела, в том числе взрывной отбойки (разрушения) пород и руд в проходческих и очистных забоях. Достигнутые к настоящему времени научно-технические результаты в области БВР касаются разных направлений развития и совершенствования буровзрывного комплекса и в целом взрывного дела, основными из которых являются:

1) модифицирование существующих современных и разработка новых эффективных и безопасных рецептурных составов ВВ на основе пористой аммиачной селитры, эмульсионных и других химических реагентов с использованием невзрывчатых компонентов с изготовлением преимущественно на местах или по близости производства БВР в различном виде (рассыпном, патронированном, ампулированном, гранулированном, порошкообразном) предназначенных для механизированного пневматического заряжения шпуров и скважин на подземных и открытых горных работах;

2) изыскание и создание новых технических средств, оборудования, технологий, методов и способов ведения взрывных работ, повышающих эффективность и качество взрывной отбойки с учетом разнообразия горно-геологических и горнотехнических условий;

3) совершенствование уровня механизации буровзрывного комплекса, сопровождающееся с созданием горной техники нового поколения, обеспечивающей научно-технический, социальный и культурный уровень ведения горных работ;

4) автоматизированное и оперативно-компьютерное проектирование и оптимизация буровзрывных работ с разработкой их паспортов для проходки различных горных выработок, исходя из изменчивости горно-геологических условий по мере ведения работ;

5) решение и развитие многих теоретических вопросов взрывного разрушения, охватывающих различные аспекты взрывного дела как с сопутствующими опытно-экспериментальными работами в лабораторных, полигонных и натуральных (производственных) условиях, так и без них.

Таким образом, результаты современных проводимых в развитых странах мира и в Казахстане исследований, позволяют утверждать, что эти пять направлений считаются приоритетными в развитии буровзрывного комплекса. Но следует отметить, что все эти направления основываются на главном концептуальном вопросе, как принципы и методы управления энергией взрыва при разрушении твердых сред (горных пород). Поэтому разработка теоретических положений и развитие научно-технических основ управления действием взрыва за счет умелого и рационального распределения его энергии и максимально полезного использования этой энергии, на данное время является весьма актуальным вопросом в Казахстане.

В условиях горного производства, главной задачей взрывной отбойки, безусловно, является использование энергии взрыва соразмерно прочностным характеристикам разрушаемых горных пород. Однако на практике зачастую бывает так, что при значительных энергозатратах достигаются лишь невысокие показатели взрывного разрушения (отбойки). При этом основными причинами и источниками потери дешевой энергии взрыва следует считать, прежде всего, слабое использование знаний о теоретических положениях взрывного дела, как например, о характере и механизме взрывного разрушения крепких скальных горных пород зарядами ВВ. На современной стадии изученности явлений детонации и закономерности разрушения горных пород взрывом, может быть намечен целый ряд методов управления энергией взрыва, одним из которых является повышение работоспособности и эффективности врубов, за счет совершенствования их конструкций, максимально обеспечивающих использование всей силы энергии с повышением полезного её действия на окружающую разрушаемую среду. Исходя из этого, следует считать, что среди множества факторов, влияющих на показатели шпуровой отбойки, ключевым является качество вруба, обеспечивающее полное разрушение породы на всю глубину пробуренных шпуров и выброс раздробленной породной массы из места взрыва при прочих равных условиях. Как показывает практика ведения горных работ всё сказанное реализуется при использовании прямого призматического вруба, который по сравнению с другими многочисленными типами врубов наиболее полно отвечает требованиям, предъявляемым к

взрывному способу отбойки, благодаря своей работоспособности и возможности видоизменяться для адаптации к различным условиям. Но, несмотря на это исследования, посвященные конструкциям прямых врубов и характеру их работы в породах различной крепости показывают, что полный механизм работы взрывной энергии в шпурах прямых призматических врубов изучен еще недостаточно. В практике ведения взрывных работ имеется большое число примеров, когда в одних и тех же условиях выброс раздробленного материала из полости вруба не осуществлялся. В настоящее время исследованиями по определению параметров такого вруба и области его рационального применения занимаются многие ученые и специалисты.

Среди наиболее распространенных факторов, сдерживающих повышение эффективности БВР является недостаточный учет динамики изменчивости свойств и состояния массива, вследствие чего происходит не соответствие параметров БВР к этим условиям [9,10]. Как известно, бывает так, что в пределах одного месторождения достаточно трудно найти, даже в одинаковых по составу породах, два участка с точно совпадающими свойствами. Поэтому ведётся предварительное изучение характеристик пород при воздействии на них взрывных нагрузок имеет первостепенное значение для расчёта параметров заложения зарядов ВВ и в целом проектирования паспортов БВР. Наиболее важным моментом при разработке паспортов БВР считается выбор соответствующего горно-геологическим условиям типа и конструкции вруба, который является одним из основных составляющих элементов этих паспортов. От выбранного вруба во многом зависят назначаемые параметры и получаемые в последующем показатели шпуровой отбойки.

Из анализа паспортов проходческих и очистных забоев и в целом техники и технологических параметров БВР на подземных Жезказганских, других отечественных и зарубежных рудниках [7-15] исходит, что условия ведения взрывной отбойки для получения наилучших стабильных результатов не всегда выполняются, вследствие чего не эффективно используется буровое оборудование и другая техника, снижается безопасность работ. Одной из главных тому причин, является то, что в гонке за уменьшением объема бурения, нагрузки на шпуровые заряды ВВ существенно возрастают, в результате чего снижается полезное действие взрыва. Другой причиной этого является то, что все шпуры взрываются без использования в них забоек. В результате такого ведения БВР превышение допустимой линии наименьшего сопротивления (ЛНС) приводит к неравномерной работе зарядов ВВ и как следствие неравномерному отрыву пород от массива.

Это является причиной отсутствия общей плоскости забоя, особенно на сопряжениях кровли и почвы с грудью забоя, где остаются не взорванные участки пород, которые создают опасные условия работ и требуют проведение не запланированных мероприятий, что связано с дополнительными затратами средств, времени и труда. Всё это в итоге снижает эффективность БВР и ухудшает показатели отбойки.

Как было отмечено, что здесь главным техническим фактором, снижающим эффективность БВР, является нерациональное использование бурового оборудования. Одним из основных требований, предъявляемых к буровзрывным технологиям на проходческих работах, является обеспечение заданного подвигания забоя выработки, исходя из технических потенциальных возможностей буровой техники и имеющегося ассортимента ВВ. В настоящее время на горных работах применяют мощные высокопроизводительные дорогостоящие буровые установки, которыми можно бурить шпуров диаметром от 40 до 70 мм и длиной 8 -10 м, но на практике длина шпуров не превышает 4,0 м в основном из-за искривления, особенно при бурении горизонтальных шпуров (скважин), следовательно технико-эксплуатационные возможности бурового оборудования в полной мере не реализовываются. При этом подвигание забоя максимально составляет 3,2 – 3,5 м, т.е. КИШ не превышает 0,8 – 0.85 [9]. Увеличение длины шпуров и применение более мощных ВВ не дало ощутимых положительных результатов, из-за несовершенства применяемых конструкции врубов и зарядов ВВ, необоснованности диаметра, схемы и сетки расположения комплектов шпуров (врубных, вспомогательных, отбойных и оконтуривающих), нарушения схем и последовательности взрывания секций зарядов и других возможных параметров проходческого цикла, в результате не соответствия их к реальным горно-геологическим условиям и характеристикам массива.

Следует отметить, что при вскрытии и подготовке новых горизонтов или панелей, блоков горно-геологические условия могут значительно отличаться от условий и состояний рабочих забоев действующих горизонтов и выемочных участков. Большое разнообразие горно-геологических и горнотехнических факторов, влияющих на эффективность БВР при проведении выработок, требует тщательного изучения данного вопроса [9]. Как показывает многолетняя практика, даже самая передовая технология не всегда является эффективной для достижения наилучших результатов в каких-то конкретных определенных условиях. Это особенно остро проявляется при проведении выработок в крепких скальных породах на больших глубинах, где условия добычи руд усложняются по

мере понижения уровня горных работ и, прежде всего, с упрочнением пород и переходом их в запредельное состояние, характеризующееся значительным снижением устойчивости массива, вследствие возрастания горного давления, обводненности и т.д. Наряду с приведенными выше факторами, влияющими на показатели БВР, как в любой сфере жизнедеятельности людей, общества существует и человеческий фактор, который играет свою некоторую негативную роль, например, не вовремя подготовлен забой, оператор спешит обурить, потому что ждут крепильщики и взрывники. В действительности же всего этого можно избежать при технологии, которая работала бы на потоке безопасно и надежно, при этом человеческий фактор не влияет на ход работы.

Выводы. Анализируя и обобщая изложенное можно сделать ряд полезных выводов, необходимых для совершенствования параметров и технологий БВР и в целом развития БВК в горнорудной отрасли страны:

1. Одна из главных предпосылок повышения эффективности БВР – знание свойств и состояния горного массива и особенно границ его участков с различными прочностными характеристиками, уже претерпевшими некоторые изменения при сейсмике взрыва. Поэтому, установление характеристик состояния массива необходимо по мере удаления от поверхности отрыва вглубь забойного массива. Надлежащая подготовка забоя к следующему циклу взрыва должна включать корректировку и уточнение всех технологических параметров в паспортах БВР в каждом конкретном случае.

2. Схема взаимного расположения шпуров предопределяет направление взаимодействия шпуровых зарядов при их взрывании. Следовательно, выбирая конкретную схему взаимного расположения шпуров и расстояний между ними, необходимо исходить из возможности обеспечения наилучшего и наибольшего их взаимодействия. Шпуры должны взрываться таким образом, что после взрыва очередного шпурового заряда следующим взрывается только ближайший соседний шпур. Такая очередность взрывания обеспечит наилучший режим взрывного нагружения массива, эффективное его разрушение и максимально полный отрыв.

3. Одним из главных условий повышения эффективности производства БВР, скорости и темпа проведения выработок является максимальное использование потенциальной технико-эксплуатационной возможности бурового оборудования с доведением глубины бурения шпуров до технологически возможного в зависимости от физико-механических свойств и других характеристик горного массива, площа-

ди поперечного сечения (забоя) выработки и применяемого типа ВВ, а также метода и схемы ведения работ в целом.

4. Достижения желаемых результатов взрывной отбойки становятся недостаточными и исчерпываются самой физической природой вруба, т.е. происходит некоторое несоответствие параметров вруба к потенциальным техническим возможностям горно-проходческого оборудования, которое требует значительного фронта работ, что не может обеспечить прямой вруб со своим ограниченным компенсационным пространством для последующей отбойки породного или рудного призабойного массива. В результате недостаточности объема обнажения и свободных поверхностей, образуемых при прямом врубе, не обеспечивается эффективное использование дорогостоящей техники для обуривания забоя, следовательно, снижается производительность труда и скорость проходки выработки, что в конечном счёте приводит к повышению себестоимости добычи руды.

5. Исходя из изложенного возникает необходимость совершенствования конструкций и параметров применяемых врубов, в том числе и прямого вруба в целях достижения максимальной их работоспособности, удовлетворяющей условиям эффективного использования высокопроизводительной горной техники, как в проходческих, так и очистных забоях.

6. Для снижения влияния роли человеческого фактора необходимо разработать меры и минимизировать влияние данного фактора на показатели БВР в проходческих и очистных забоях.

Список литературы

1 *Битимбаев М. Ж., Шопашник Ю. Н., Крупник Л. А. и др.* Взрывное дело: учебник/ Ассоциация вузов РК.-Алматы: Print-S, 2012.-822 с., [Bitimbaev M. Zh., Shopashnik Yu. N., Krupnik L. A. i dr. Vzryvnoe delo: uchebnik/ Assotsiyatsiya vuzov RK.-Almaty: Print-S, 2012.-822 s.]

2 *Кутузов Б. Н* Методы ведения взрывных работ: учебник для студентов. Ч.1. Разрушение горных пород взрывом/М.: изд. Горн. кн., 2018.-473 с., [Kutuzov B. N Metody vedeniya vzryvnykh работ: uchebnik dlya studentov. CH.1. Razrushenie gornykh porod vzryvom/М.: izd. Gorn. kn., 2018.-473 s.]

3 *Чеканов В. В., Полянкин А. Г., Горх Л.И.* Тенденции, проблемы и перспективы развития подземного строительства //Метро и тоннели. 2018.- №4.- С.2-8., [Chekanov V. V., Polyankin A. G., Gorkh L.I. Tendentsii, problemy i perspektivy razvitiya podzemnogo stroitel'stva //Metro i tonelli. 2018.- №4.- S.2-8]

4 *Yin Wengang, Wang Hailiang, Hu Hongxing, Zhang Fugiang et al.* Study of tunnel controlled blasting technology and blast-induced damage zone of surrounding rocks./ Suidiao jianche=Tunnel Constr. 2018.38, №5, Pp. 851-856.

5 Yang Jihna, Zhu Shaobin, Yan Changbin, Miao Dong et al. Study of geological influencing factors on TBM tunneling efficiency based on extenics theory. / Suidiao jianshe=Tunnel Constr. 2018. 38, №5, Pp. 782-789.

6 Dwivedi P. D., Goel R. K., Singh M., Viladkar M. N. et al. Prediction of Ground Behaviour for Rock Tunneling. / Rock Mech. and Rock Eng. 2019.52, №4, Pp. 1165-1177.

7 Тамбиев Г. И., Ольшанский Е. Н. Развитие производства промышленных ВВ и их применение в НПП «Интеррин». / Научно-техн. сб. «Взрывное дело». 2007.-№98/55.- С. 192-203., [Tambiev G. I., Ol'shanskij E. N. Razvitiye proizvodstva promyshlennykh VV i ikh primeneniye v NPP «Interrin». / Nauchno-tekhn. sb. «Vzryvnoye delo». 2007.-№98/55.- S. 192-203.,]

8 Тамбиев Г. И., Магзумов Т. М. Испытания гранулита А6 на подземных работах в условиях Жезказганского месторождения. // Горный журнал Казахстана, 2010.- №11.-С.16-21, [Tambiev G. I., Magzumov T. M. Ispytaniya granulita A6 na podzemnykh rabotakh v usloviyakh ZHezkazganskogo mestorozhdeniya. // Gornyj zhurnal Kazakhstana, 2010.- №11.-S.16-21]

9 Нурлыбаев Р. О. Проблемные вопросы взрывной отбойки на подземных работах и некоторые пути их решения. / Сб. науч. трудов ИГД им. Д. А. Кунаева. // Научно-техническое обеспечение горного производства.- Алматы, 2010.- Т. 80.-С.13-17., [Nurlybaev R. O. Problemnye voprosy vzryvnoy otbojki na podzemnykh rabotakh i nekotorye puti ikh resheniya. / Sb. nauch. trudov IGD im. D. A. Kunaeva. // Nauchno-tekhnicheskoye obespecheniye gornogo proizvodstva.- Almaty, 2010.- T. 80.-S.13-17.,]

10 Нурлыбаев Р. О. Анализ паспортов буровзрывных работ проходческих и очистных забоев в условиях Жезказганского месторождения и повышение эффективности шпуровой отбойки. / Сб. науч. трудов ИГД им. Д. А. Кунаева. // Научно-техническое обеспечение горного производства.- Алматы, 2011, Т. 81.-С.61-69., [Nurlybaev R. O. Analiz pasportov burovzryvnykh rabot prokhdcheskikh i ochistnykh zaboev v usloviyakh ZHezkazganskogo mestorozhdeniya i povysheniye ehffektivnosti shpurovoj otbojki. / Sb. nauch. trudov IGD im. D. A. Kunaeva. // Nauchno-tekhnicheskoye obespecheniye gornogo proizvodstva.- Almaty, 2011, T. 81.-S.61-69.,]

11 Нурлыбаев Р. О. Состояние и развитие буровзрывного комплекса в современных условиях горной промышленности. / Сб. науч. трудов ИГД им. Д. А. Кунаева. // Научно-техническое обеспечение горного производства.- Алматы, 2011.- Т. 81.-С.70-76., [Nurlybaev R. O. Sostoyaniye i razvitiye burovzryvnogo kompleksa v sovremennykh usloviyakh gornoj promyshlennosti. / Sb. nauch. trudov IGD im. D. A. Kunaeva. // Nauchno-tekhnicheskoye obespecheniye gornogo proizvodstva.- Almaty, 2011.- T. 81.-S.70-76.,]

12 Ляшенко В. И., Галик В. И., Комощенко В. И., Небогин В. З. Повышение эффективности производства взрывных работ с помощью эмульсионных ВВ на шахтах. // Научно-техн. сб. «Взрывное дело». 2018-№76.- С. 143-163., [Lyashenko V. I., Galik V. I., Komoshhenko V. I., Nebogin V. Z. Povysheniye ehffektivnosti proizvodstva vzryvnykh rabot s pomoshh'yu

ehmul'sionnykh VV na shakhtakh. //Nauchno-tekhn. sb. «Vzryvnoe delo». 2018.- №76.- S. 143-163]

13 *Старшинов А. В., Жамьян Ж., Гильманов Р. А., Мозговой В. Г.* и др. Современные средства взрывания и возможности оценки их эффективности в полигонных условиях. //Горная промышленность. 2019.- №1- С. 66-73., [Starshinov A. V., ZHam'yan ZH., Gil'manov R. A., Mozgovoy V. G. i dr. Sovremennye sredstva vzryvaniya i vozmozhnosti otsenki ikh ehffektivnosti v poligonnykh usloviyakh. //Gornaya promyshlennost'. 2019.- №1- S. 66-73.]

14 *Silva Jhon, Li Lifeng, Gernand Jeremy.* M Reliability analysis for mine blast performance based on delay tyne and firing time. / Int. J. Mining Sci and Technol. 2018.- 28, №-, P. 195-204.

15 *Гожин Д. А., Евдокимов А. Г., Кочанов А. Н.* Анализ параметров БВР при сооружении подземных горных выработок // 3 конф. Международной научной школы академика К. Н. Трубецкого «Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр», Москва, 25-29 июня, ИП-КОН РАН. М, 2018.- С. 181-184., [Gozhin D. A., Evdokimov A. G., Kochanov A. N. Analiz parametrov BVR pri sooruzhenii podzemnykh gornykh vyrabotok // 3 konf. Mezhdunarodnoj nauchnoj shkoly akademika K. N. Trubetskogo «Problemy i perspektivy kompleksnogo osvoeniya i sokhraneniya zemnykh neдр», Moskva, 25-29 iyunya, IPKON RAN. M, 2018.- S. 181-184.,]

Нурлыбаев Р.О., кандидат технических наук,
e-mail: Nurlybayev.Rymbek@mail.ru

МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

МРНТИ 55.22.19, 53.43.03

Р.Д. Абдирова¹, Э.А. Тусупкалиева², С.А. Машеков²

- ¹Ө.А. Жолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты,
Алматы қ, Қазақстан
- ²Қ. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Алматы қ, Қазақстан

ФУНКЦИОНАЛДЫ ЖАБЫНДЫЛАРДЫ ҚОЛДАНУ ҮШІН ҚАРҚЫНДЫ ПЛАСТИКАЛЫҚ ДЕФОРМАЦИЯНЫҢ АСПАПТЫҚ ТЕЗ КЕСЕТІН Р6М5 БОЛАТТЫҢ БЕТКІ ҚАБАТЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Түйіндеме. Мақалада зерттеулерді жүргізу үшін бұрандалы жұмысшы беттерге илемденген пішінбіліктері бар сайман жасалды. Бұл сайман ұсақ түйіршікті құрылымы бар жартылай өнімдерді алу үшін қолданылады. Жасалған сайман бастапқы дайындаманың өлшемі мен пішінін еш өзгертпестен деформацияны іске асырады. Жұмыста толқынды пішіні бар дайындаманы илемдеу үшін жазық жұмысшы беті бар пішінбілік пайдаланылды. Мақалада шеткі элементтер әдістемесін негізге алатын ANSYS-LS/DYNA бағдарламасы қолданылып, бұрандалы және жазық пішінбілікте дайындаманы илемдеген кезде пайда болатын кернеулі-деформациялы күй (ҚДК) зерттелді. Алынған мәліметтер негізінде Р6М5 болатынан жасалған жолақтарды (тез кесетін тілімшелерді жасау үшін қолданылады) бұрандалы және жазық пішінбіліктерде илемдегенде оның беткі қабаттары қарқынды деформацияланатындығы анықталды. Беткі қабаттарды қарқынды деформациялау, біртекті ұсақ түйіршікті құрылымды қалыптастыратындығын, беріктік қасиеттерін жоғарлататындығын және функциялық қасиеті бар қабатпен жабу үшін ұтымды құрылымды алу мүмкіндігінің бар екенін көрсетті.

Түйінді сөздер: тез кесетін Р6М5 болаты, илемдеу, бұрандалы және жазық пішінбілік, қарқынды пластикалық деформация, кернеулі-деформациялы күй, кернеу мен деформация қарқындылығы, функциялы қабат.

• • •

Аннотация. В статье описан разработанный инструмент, имеющий валки с винтообразными рабочими поверхностями. Данный инструмент предназначен для получения полуфабрикатов с мелкозернистой структурой. Он реализует интенсивную пластическую деформацию без значительных изменений исходной формы и размеров заготовки. В работе для прокатки полос из заготовок с волнистой поверхностью применили гладкие валки. В статье, используя метод конечных элементов и программный продукт ANSYS-LS/DYNA, исследовали напряженно-деформированное состояние (НДС) заготовки при прокатке полос

в винтообразных и гладких валках. На основе полученных данных установили, что прокатка листового материала, применяемых для изготовления быстрорежущей пластины, в винтообразных и гладких валках обеспечивает интенсивное деформирование ее поверхностных слоев. Интенсивное деформирование поверхностных слоев полос способствует формированию однородной ультрамелкозернистой структуры, что приводит к повышению прочностных свойств быстрорежущей пластины из стали Р6М5 и получению рациональной структуры для нанесения функциональной покрытий.

Ключевые слова: быстрорежущая сталь Р6М5, прокатка, винтообразные и гладкие валки, напряженно-деформированное состояние, интенсивность напряжений и деформаций, функциональные покрытия.

• • •

Abstract. The article accounts development of a tool with rolls with helical working surfaces. This tool is designed to produce semi-finished products with a fine-grained structure. The developed tool implements severe plastic deformation without significant changes in the original shape and dimensions of the workpiece. The tool deploys smooth rolls for rolling strips from billets with a wavy surface. In The article investigates the stress-strain state (SSS) of the billet when rolling strips in helical and smooth rolls using the finite element method and the ANSYS-LS / DYNA software product. Based on the obtained data, it was found that rolling of sheet material used for the manufacture of a high-speed plate in helical and smooth rolls provides intensive deformation of its surface layers. Intense deformation of the surface layers of the strips contributes to the formation of a homogeneous ultrafine grainy structure, which leads to an increase in the strength properties of a high-speed plate made of R6M5 steel and obtaining a rational structure for applying functional coatings.

Keywords: rapidcutting steel R6M5, rolling, helical and smooth rolls, stress-strain state, intensity stresses and deformations, functional coatings.

Кіріспе. Қазіргі заманғы машина жасаудың технологиялық дамуының маңызды мәселелерінің бірі кесу құралдарының, қалыптардың, пішімбіліктердің, матрицалардың және баспа-штемпельдердің төзімділігін арттыру болып табылады [1, 2]. Бұл жаңа, қиын өңделетін материалдардың пайда болуымен және өнеркәсіптің машина жасау және металлургия саласында осы құралдарды пайдалану шарттарының қатаңдатылуымен байланысты. «Құрал – өңделетін материал» жүйесінің ең әлсіз буыны бүкіл жүйенің жұмыс істеуі мен ресурсын анықтайтын құрал беті болып табылады. Бұл беттік қасиеттерді модификациялау әдістері мен технологияларын дамытудың жоғары маңыздылығын анықтайды. Металдарды қысыммен өңдеу және өңдеу жүйесіне қатысты мұндай жүйе илемдеу, қалыптау, баспалау, созу,

кесу және т. б. баспалардан туындаған жағдайларда аспаптық және өңделген материалдардың өзара әрекеттесуімен анықталады. Осы мәліметтерге сүйене отырып, жаңа әрі қиын өңделетін материалдардың пайда болуымен және оларды пайдалану жағдайларын күшейте отырып, кесу және деформациялау құралының беріктігін арттыру мәселесі өзекті бола түсуде деп қорытынды жасауға болады.

[3, 4] жұмыстардың авторларының пікірінше, аспаптық материалдың беткі қасиеттерін бағытты түрлендірудің ең тиімді әдісі – кесу құралының жұмыс беттеріне функционалды жабындарды қолдану. Олардың пікірінше, қазіргі уақытта әр түрлі өнімдерге, соның ішінде кесу құралдарына арналған жабындардың физикалық тұндыру процестері (FOP немесе PVD процестері) өңдеу саласында көбірек қолданылады. Бұл жабындылардың химиялық тұндыру әдістерімен және процестерімен (ХОП немесе CVD әдістері) салыстырғанда кез-келген архитектураның, құрамның, құрылымның жабындыларын алудың жоғары сенімділігіне, әмбебаптығына, мүмкіндігіне байланысты. Бұл құрал өндірудің экологиялық таза процесін қамтамасыз етеді. Сондықтан, [4] жұмыстың авторлары жабындыларды алудың негізгі әдісі ретінде әлемдік тәжірибеде MEVVA (Metal Vapor Vacuum Arc) немесе CYB (иондық бомбаланған конденсация, ТМД елдері) деп аталатын жабындылардың вакуумдық-доғалық синтезі процестерін қолданды. Жұмыс авторлары [5] жабындыларды вакуумдық-доғалық тұндыру (CYB - MEVVA) технологиясын градиент, метастабильді, көп компонентті, көп қабатты немесе супер торлы жабындылардың соңғы тұжырымдамаларына сәйкес келетін әртүрлі функционалды жабындарды қалыптастыру үшін қолдануға болатындығын атап өтті. Олардың пікірінше, жабудың көптеген әдістерінің ішінде наноөлшемді түйіршіктер мен қабаттардың қалыңдығымен көп қабатты жабындыларды қолдану әдісі ең тиімдісі болып табылады. Бұл жабындылар жиі қарама-қайшылықты талаптардың гаммасын қанағаттандырады (төмен үйкеліс, жоғары тозуға төзімділік, диффузияның тосқауыл функциялары, кесу жүйесіндегі жылу ағындары, жоғары қабатты адгезияның беріктігі, ішкі кернеулердің төмендеуі, қаттылық пен тұтқырлық тепе-теңдігі және т.б.). Сонымен қатар, бір жабындыдағы жеке қабаттардың әртүрлі қасиеттерін біріктіретін ауыспалы метастабильді және көп компонентті құрылымдарды қамтитын аралас жабындыларды қалыптастыруға мүмкіндігі бар.

[6] жұмыста сондай-ақ, кесу құралын өндіруде наноқұрылымды жабындылардың үлкен артықшылықтары бар екендігі атап өтілді. Аралық шекаралардың үлкейтілген ауданы бар ультра дисперсті материалдар материалдың тозуға төзімділігі мен беріктік сипаттамаларына, оның ішінде циклдік термомеханикалық кернеулердің әсерінен

оң әсер ететін «қаттылық» арасындағы теңгерімді ара-қатынасқа ие. Түйіршік мөлшері $d > 1$ мкм-ден асатын стандартты (микрометриялық) құрылым материалдарының бұзылуының негізгі себебі – әртүрлі ақауларда дислокацияның шоғырлануынан пайда болатын жарықтардың пайда болуында екені белгілі [7]. Бұл жұмыстың авторлары атап өткендей, түйіршік мөлшері $d < 80 \dots 100$ нм-ден аз наноқұрылымды материалдарда бұзылудың басқа механизмі көрінеді. Мұндай материалдар үшін қирауының себебі – түйіршік аралық шекаралардағы процестер. Бұл олардың шекараларындағы атомдардың аздығымен байланысты. Бұл түйіршік аралық өзара әрекеттесуді айтарлықтай өзгертеді, қозғалыс тежелуіне және дислокацияның пайда болуына әкеліп соғады, түйіршік шекараларының нығаюына байланысты шарықшақтардың пайда болуын, тармақталуын және қозғалуын болдырмайды. Наноөлшемді түйіршіктердегі дислокация іс жүзінде түйіршік шекараларында толық тежелуге байланысты пайда болмайды, ал шекаралардың өзі материалдың деформациясы мен бұзылуында шешуші рөл атқара бастайды. Мұның бәрі нанокристалды материалдардың ерекше қасиеттерін жасауға мүмкіндік береді [8].

[9] жұмыс материалдарын талдай отырып, жабынды мен субстрат арасындағы адгезияның жоғары беріктігін, сондай-ақ өңделген материалға қатысты жабынды материалының химиялық пассивтілігі кез-келген тозу және бұзылу механизмдерінде көп қабатты композициялық наноқұрылымды жабындылары бар кескіш құралдың тозуға төзімділігі мен беріктігін арттыруға мүмкіндік беретінін атап өтуге болады. Біздің ойымызша, кескіш құралды өндіруде наноқұрылымды жабындылар ғана емес, сонымен қатар наноқұрылымды субстраттар да артықшылыққа ие, яғни жабу құралының беті бар. [10] жұмыс материалдарынан аспаптық болаттардың, соның ішінде Р6М5 болатының ыстық илемделген шыбықтар түрінде жеткізілу жағдайындағы негізгі кемшіліктердің бірі және жұмыс шарттарын қатаңдату илем осі бойынша қатаңдықтың болуы (орталықта неғұрлым қарқынды және шеті бойынша аз) және илем қимасы бойынша карбидтердің біркелкі бөлінбеуі байқалады. Өңдеу саласының мамандары бұл болаттың қалыптау және суықтай түсіру құралдарын жасау үшін кеңінен қолданылатынын жақсы біледі.

Металл материалдарының пайдалану қасиеттерін және олардың құрылымдық біртектілігін арттыру үшін соңғы жылдары қарқынды пластикалық деформация (ҚПД) әдістері жиі қолданылуда [11].

Жалпы дәрежесі 2-3-тен жоғары макроығыстырушы деформацияны жүзеге асыратын ҚПД әдістеріне [12] жатады: жоғары квазигидростатикалық қысыммен бұралу, тең каналды бұрыштық баспа,

жан-жақты изотермиялық соғу, радиалды ығыстырып илемдеу және т.б. Макроығыстырушы деформациялар түйіршіктердің кристалдық бағытына тәуелді емес трансүйіршікті сырғу есебінен металл құрылымында өзгерістер тудырады. Бұл субмикроркристиалды диапазонда (0,1-ден 1 мкм-ге дейін) түйіршік мөлшері бар ультраұсақ түйіршікті (УҰТ) құрылымы бар металдар мен қорытпаларды немесе құрылымдық объектілерінің өлшемдері <100 нм нанокристалды құрылымды алуға мүмкіндік береді. Бұл илемделген өнімнің осі бойындағы тізбекті және карбидтердің илемнің көлденең қимасы бойынша бірқалыпсыз таралуын болдырмайды. [10] жұмыс материалдарын талдай отырып, бетті қатайтудың барлық әдістерінің ішінде бықсыған разряд плазмасындағы иондық азоттауды бөліп алуға болады деген қорытындыға келуге болады. Дәстүрлі әдістермен салыстырғанда бұл әдіс бірқатар маңызды артықшылықтарға қол жеткізуге мүмкіндік береді. Мұндай артықшылықтарға қанығудың жоғары жылдамдығы; берілген фазалық құрамы мен құрылымының диффузиялық қабаттарын алу; бетінің тазалығының жоғары класы; қосымша депассивтендірусіз пассивті материалдарды азоттау мүмкіндігі; электр энергиясын пайдалану коэффициентін жоғарылату және қаныққан газдардың шығынын азайту арқылы процестің үлкен тиімділігі; процестің экологиялық тазалығын жатқызуға болады. Бұл жұмыстың мақсаты тозуға төзімді жабындыларды қолдануға мүмкіндік беретін бұрандалы және тегіс пішімбіліктерде УҰТ құрылымы бар Р6М5 болаттан жасалған жолақтарды илемдеудің ұтымды технологиясын әзірлеу болып табылады.

Жабдықтар, материалдар және тәжірибе әдістемесі. [13] жұмыста бұрандалы жұмыс беті бар пішімбілікті құрал жасалды. Бұл пішімбіліктерде жоғарғы және төменгі пішімбіліктердің бұранда тәрізді шығыңқы жерлері мен ойықтары қарама-қарсы орналасады. Бұл жағдайда шығыңқы енінің жоғарғы және төменгі орамдардың ойығының еніне қатынасы 0,8...0,9 құрайды. Бұл құрал ұсақ түйіршікті құрылымы бар жартылай фабрикаттарды алуға арналған. Дайындалған құрал дайындаманың бастапқы пішіні мен мөлшерін айтарлықтай өзгертпестен ҚПД-ны жүзеге асырады. Жартылай фабрикаттардың толқынды бетін ұсақ түйіршікті құрылыммен тегістеу және қажетті мөлшердегі жолақтарды алу үшін қарапайым құрылымды ДУО-180 зертханалық білдегі қолданылғанын атап өткен жөн. Дайындама материалының тұтастығын бұзбай бетіндегі УҰТ құрылымы бар Р6М5 болат жолақтар жасауға мүмкіндік беретін технологиялық процесті дайындау үшін ДУО-180 білдегінде орнатылған бұранда тәрізді және тегіс пішімбіліктерде илемдеу кезінде дайындаманың кернеулі-деформациялы күйі (ҚДК) зерттелді.

Қарапайым илемдеу жағдайлары үшін де мәселенің дұрыс тұжырымдалуы интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесіне әкелетінін айта кету керек [14]. Мұндай мәселені аналитикалық түрде шешу мүмкін емес. Сондықтан, көптеген анықтайтын параметрлер мен олардың әсерінің анық емес сипатына байланысты бұрандалы және тегіс пішімбіліктердегі илемдеу орамдарындағы илектеу процесін математикалық модельдеу күрделі процесс болып табылады. Мұндай мәселелерді шешу үшін шекті элементтер әдісін қолдануға болады. Илемдеу процесінде дайындаманың ҚДК-н зерттеу түйіспелі, серпімді пластикалық, сызықсыз болып табылады. Бұрандалы және тегіс пішімбіліктерде илемдеу кезінде үлкен орын ауыстырулар, деформациялар мен кернеулер, сондай-ақ температура градиенті пайда болады. Сондықтан, шекті элементтер әдісін қолдана отырып илемдеу процесінің имитациялық модельдеуі жүргізілді, яғни ҚДКС және деформацияланатын дайындаманың температуралық өрісі зерттелді. Бұрандалы және тегіс пішімбіліктерде илемдеу кезінде дайындамалардың ҚДК анықтау үшін ANSYS – LS/DYNA бағдарламалық өнімі қолданылды [14]. Модельдеуді илемделетін дайындамасы бар бұрандалы және тегіс құралдан бастадық. Бұрандалы және тегіс құрал мен илемделетін дайындаманың геометриясы SIEMENS NX6 CAD жүйесінде жасалды және кейіннен ANSYS/LS-DYNA-ға импортталды. Шекті элементтің қажетті түрі Ansys Ls-dyna ішіндегі элемент түрлерінің кітапханасынан таңдалды. Ғылыми-техникалық әдебиеттерді зерттеу көрсеткендей, металдарды қысыммен өңдеудің көлемдік ҚДК анықтау кезінде әдетте Solid 164 немесе Shell 163 элементтерінің түрлері қолданылады [14]. Илемделген дайындаманы модельдеу үшін біз Shell 163 шекті элементін таңдадық. Элементтің бұл түрі есептеу уақытын азайтады және үлкен деформацияларға төзімді. Shell 163-іілу және серіппе мүмкіндігі бар 3 немесе 4 түйіндік үш өлшемді қабық элементі. Элемент әр түйінде 12 еркіндік дәрежесіне ие.

Дайындаманың ҚДК-ін анықтау үшін өлшемі 6×100×200 мм болатын тікбұрышты пішінді үлгілер қолданылды. Дайындаманың материалы ретінде Р6М5 болаттарын 850-1160°С температуралық деформация диапазонымен таңдалды. Бұрандалы пішімбіліктерде (БП) деформация келесі режим бойынша жүзеге асырылды: 850 °С температураға дейін қыздыру, қалыңдығы 5,9 мм дейін төрт БП өту арқылы илемдеу. Тегіс пішімбіліктерде (ТП) дайындаманы илемдеу 850 ° С температурада жүргізілді. БП-де және ТП-де илемдеу процесін моделдеу кезінде дайындама үшін трансверсальді қатайтылатын анизотропты материал – transverse Anisotropic Material қолданылды [14]. Lenkford R коэффициенті бірлікке тең болды, яғни изотропты ма-

териал бастапқы дайындама үшін пайдаланылды. Lenkford R коэффициенті бірлікке тең болды, яғни изотропты материал бастапқы дайындама үшін пайдаланылды. БП-те деформациялау процесінде металдың деформациялық беріктенуі үлгіні бір осьті созуға сынау кезінде алынған қисық беріктендіру бойынша болуы тиіс. Модель қисығында серпімді және пластикалық компонент болды. БП-те және ТП-те материалдық моделі үшін қатты материал пайдаланылды.

Айта кету керек, деформацияланатындар БП-де және ТП-де барлық қозғалыстардан шектелді. Бұл роликтер тек илемдеу бағытында айналды. Бастапқы жалпақ дайындамада қозғалыс шегі болмады. БП-те және ТП-де илемдеу бағытына сәйкес келетін бұрыштық жылдамдықтар орнатылды. Біліктер арасындағы саңылау арқылы бастапқы дайындаманың қозғалысы пішімбіліктердің шығыңқы және шұңқырларында иілу процесінде пайда болатын үйкеліс күштерінің әсерінен болды. Бұл зерттелген процеске толық сәйкес келеді. Shell 163 элементін пайдалану кезінде байланыс өзара әрекеттесуінің келесі шарттары қабылданды: бастапқы дайындама – илемделетін пішімбіліктер – Forming surface-to-surface contact (ASTS). [14] surface-to-surface беттесуі айтарлықтай түйісу аймақтары бар кездейсоқ орналасқан денелер үшін қолданылатыны белгілі. Бастапқы дайындама мен БП, сондай-ақ ТП арасындағы байланыс үйкелісі 0,35 тең болды. Бұл Р6М5 болатының ыстықтай илемделуіне сәйкес келеді [15]. «ANSYS-LS/DYNA» бағдарламасын іске қостық. Қадам әдісі U қозғалыстарың деформация тензорларының компоненттерін ϵ және кернеулерді σ , деформациялар мен кернеулердің қарқындылығы (эквивалентті деформация және кернеу), дайындаманың көлеміне температураның таралуы. Илемдеу процесінің барлық бастапқы мәліметтері мен технологиялық параметрлері енгізгеннен кейін бағдарлама есептеу үшін іске қосылды. Процесті есептеу 3,4 ГГц тактілі жиілікті және 2 Гб жедел жадысы бар Pentium Duo компьютерінде шамамен 25 минутта жүзеге асты.

Зертханалық жағдайда бірқатар тәжірибелер жүргізілді. Дайындаманың материалы ретінде өлшемі $6 \times 150 \times 400$ мм болатын Р6М5 болаты таңдалды. БП-і және ТП-і бар білдегінде илемдеу келесі режимдер бойынша жүзеге асырылды:

- 850°C температураға дейін қыздыру, 2 сағат ұстау, қалыңдығы 5,8 мм-ге дейін БП-те екі рет илемдеу, 850°C температурада қыздыру, 30 мин ұстау, 5,5 мм қалыңдығына дейін БП-те екі рет илемдеу, 850°C температурада қыздыру, 30 мин ұстау, қалыңдығы 4,0 мм-ге дейін ТП-те илемдеу;

- 850°C температураға дейін қыздыру, 2 сағат ұстау, қалыңдығы 5,8 мм-ге дейін БП-те төрт рет илемдеу, 850 °C температурада қызды-

ру, 30 мин ұстау, 5,5 мм қалыңдығына дейін БП-те төрт рет илемдеу, 850 °С температурада қыздыру, 30 мин ұстау, қалыңдығы 4,0 мм-ге дейін ТП-те илемдеу;

- 850°С температураға дейін қыздыру, 2 сағат ұстау, қалыңдығы 5,8 мм-ге дейін БП-те алты рет илемдеу, 850°С температурада қыздыру, 30 мин ұстау, 5,5 мм қалыңдығына дейін БП-те алты рет илемдеу, 850°С температурада қыздыру, 30 мин ұстау, қалыңдығы 4,0 мм-ге дейін ТП-те илемдеу.

Металлографиялық талдау Carl Zeiss axiovert-200 mat оптикалық микроскопында 200, 500 және 1000 есе үлкейтумен жүргізілді. Суреттерді өңдеу JNCA ENERGY (Англия) энергетикалық спектрометрін қолдану арқылы жүргізілді. Ақауы бар субқұрылым параметрлерін сандық талдау стандартты әдістермен жүзеге асырылды [15]. Металлографиялық зерттеуге арналған шлифтер дәстүрлі әдіс бойынша тегістеу және жылтырату шеңберлерінде дайындалды. Түйіршіктің шамасы (D_3 , мкм) қима әдіспен (~300 түйіршіктің өлшемі бойынша) мынадай формула бойынша орташа хорда (X) шамасына сүйене отырып, түйіршік сфералық пішінде деген болжаммен анықталды: $D_3 = 4/\pi \cdot X_{\text{орташа}}$.

Нәтижелер және талқылау. 1-суретте төрт жолмен БП-де илемдеу кезінде дайындамадағы кернеу мен деформация қарқындылығының таралу суреттері көрсетілген. Дайындаманың қыздыру температурасы 850°С. Алынған сандық модельдеу нәтижелері негізінде мыналар анықталды:

- БП-де илемдеудің бастапқы сәтінде кернеулер мен деформациялар қарқындылығы дайындаманың пішімбіліктердің шығыңқы жерлерінің жұмыс беттерімен түйісетін аймақтарында оқшауланады;

- бір қысылудың ұлғаюы кернеулер мен деформациялар қарқындылығының екпінін түйіспелі аймақтардан біліктер шығыңқы жерлері мен ойықтарының көлбеу жұмыс беттерінің астында орналасқан жолақ аймақтарына ауыстыруға әкеледі (2-сурет);

- БП-де илемдеу процесінде құралдың жолақпен жанасу аймағы салқындатылады, бұл ретте июші деформациялар әсер ететін аймақтарда температура көтеріледі;

- БП-де илемдеудің екінші, үшінші және төртінші өтулерінде кернеулер мен деформациялар қарқындылығының шамасы пішімбіліктердің шығыңқы жерлері мен ойықтарының доға тәрізді учаскелері астында артады;

- ұсынып отырған аспапта илемдеу пішімбіліктің жұмыс бетінің шығыңқы жерлері мен ойықтарының өлшемдері бірдей, сондай-ақ төменгі пішімбіліктің ойықтары мен шығыңқы жерлеріне қарама-қарсы орналасқан жоғарғы пішімбіліктің шығыңқы жерлері немесе ойықта-

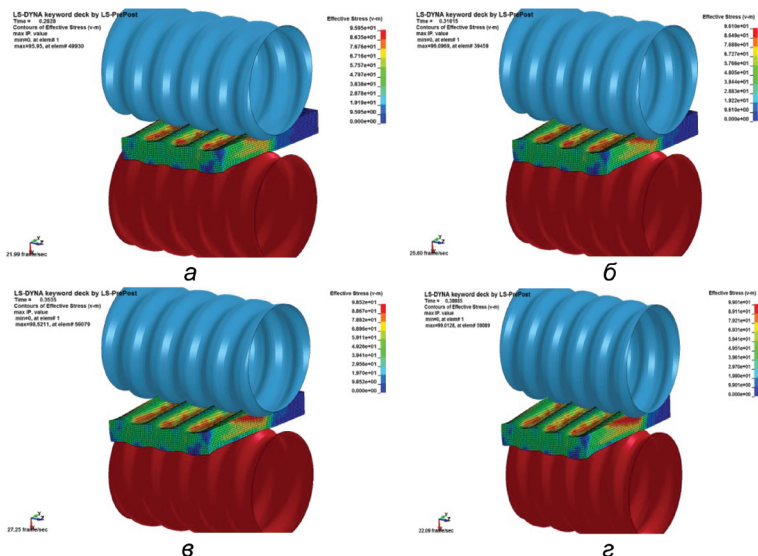
рының өлшемдері бірдей, тиісінше жоғарыда көрсетілген ұқсас қысылулары қалыңдығы кіші дайындаманы оның өлшемін өзгертпей бірнеше рет иіп деформациялауға мүмкіндік береді;

- БП-те жолақтың илемдеудің дайындалған әдісі жолақтың қарқынды ауыспалы деформациясын қамтамасыз етеді. Максималды ығысу шығыңқы енінің ойық еніне қатынасы 0,8...0,9 тең кезінде жүзеге асырылады;

- БП-і бар пішімбіліктерде илемдеу кезінде беттің шығыңқы жерлері мен ойықтарда илемделген жолақтың ені бойымен жылжуы орын алады, бұл дайындаманың көлденең қимасында қосымша макро қозғалыстарды тудырады және деформация қарқындылығының артуына ықпал етеді;

- бұрандалы жұмыс беті бар пішімбіліктерде илемдеу жағдайында деформациялар қарқындылығы шамасының өсуі цилиндрлік пішімбіліктерде илемдеу кезіндегіге қарағанда екі есе жоғары;

- бірнеше рет иілу дайындаманың бетіндегі ығысу деформациясының дәрежесін арттыруға мүмкіндік береді. Мұның бәрі қорытпалардың құрылымын тиімді ұсақтауға және дайындаманың осы аймағында біртекті ұсақ түйіршікті құрылымды қалыптастыруға мүмкіндік береді.



а-бірінші өту; б-екінші өту; в-үшінші өту; д-төртінші өту
1 сурет - ВВ-да илемдеу кезінде дайындамадағы көрнеу қарқындылығының таралу суреті (илемдеу температурасы 850°C)

2-суретте ТП-де жолақтарды илемдеу кезінде кернеулер мен деформациялар қарқындылығының таралу көрінісі көрсетілген. Дайындаманың қыздыру температурасы 850°C.

Кернеулі-деформацияланған күйді есептеу және талдау мынаны көрсетеді:

1) ТП-де илемдеудің бастапқы сәтінде кернеулер мен деформациялар қарқындылығы металды пішімбілікпен қармау аймақтарында оқшауланады;

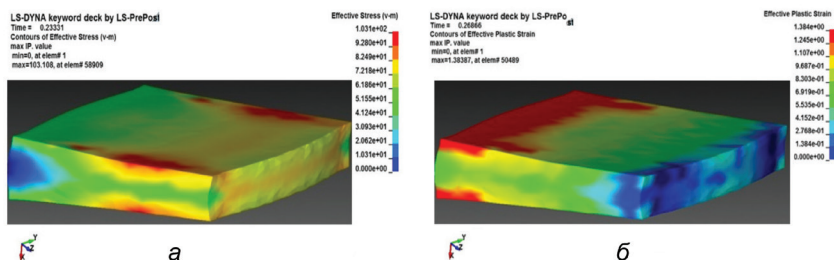
2) ТП-де илемдеудің келесі кезеңінде кернеулер мен деформациялардың қарқындылығы дайындаманың толқын тәрізді беттерімен пішімбіктердің түйіскен аймақтарында оқшауланады;

3) Қысылудың ұлғаюымен кернеулер мен деформациялар қарқындылығының шамасы деформацияланатын дайындаманың орталық аймақтарында ұлғаяды;

4) Жолақ бетіндегі деформация мен кернеу қарқындылығының оқшаулануы деформация ошағының осы аймағында металл құрылымының қарқынды ұсақталуына әкеледі;

5) Деформацияны оқшаулау аймағында илемдеу процесінде дайындаманың температурасы көтеріледі;

6) ТП-те илемдеу кезінде температурасы жоғары металдың бөліктері деформация ошағымен бірге салыстырмалы түрде қозғалады.

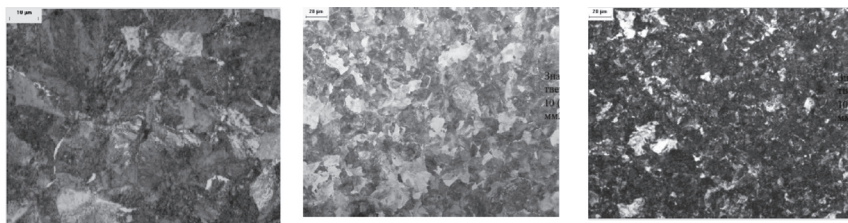


2 сурет - Тегіс пішімбіліктерде илемдеу кезінде дайындамадағы кернеулер (а) және деформациялар (б) қарқындылығының таралу көрінісі (илемдеу температурасы 950°C)

Бастапқы күйде Р6М5 болаттан жасалған дайындама бірқалыпсыз микроқұрылымға ие болды. Бұл құрылым бойлық бағытта ~316 мкм және көлденең бағытта ~294 мкм орташа мөлшері бар ірі кристалданбаған түйіршіктерден тұрды. Ірі түйіршіктердің шекараларында өлшемі ~53-57 мкм болатын ұсақ түйіршіктер орналасқан. Р6М5 болатының құрылымдық күйін БП-те екі өтпемен илемдегеннен кейін зерттеу (1-режим)

илемдеу жазықтығына перпендикуляр қиманың беткі аймағында салыстырмалы түрде ұсақ түйіршікті құрылым қалыптасатынын көрсетеді (3,а-сурет,). Бұл жағдайда ішкітүйіршікті дислокацияның тығыздығы артады, ені 48-55 мкм дейін ығысу жолақтары пайда болады. Ығысу жолақтары түріндегі деформация негізінен үлкен түйіршіктердің ішінде жүреді. Төрт өткелмен (2-режим) илемделгеннен кейін үлкен бұрышты шекаралары бар микрожолақ енінің ең ықтимал мәндері осы мәннің максималды мәні ~ 45 мкм болған кезде 42-ден 48 мкм-ге дейін болады (3,б-сурет). Төмен бұрышты шекаралары бар микрожолақтардың ені 26 мкм-ден 28 мкм-ге дейін өзгеруі мүмкін, ең ықтимал мәні шамамен 25 мкм.

БП-те алты өту арқылы илемдеу (3-режим, 3,в -сурет) микрожолақтың енінің төмендеуіне әкеледі, бастапқы кең микрожолақ шекараларында жұқа ығысу жолақтары пайда болады. Бұл ретте, жолақтың беткі аймағында алты өткелмен илемдегеннен кейін 26-31 мкм барынша ықтимал мәндерде шекаралар арасындағы қашықтық 21-34 мкм аспайтын айқын ұсақ түйіршікті құрылым қалыптасады (3,в - сурет). Дайындамаларды 850°С температураға дейін қыздырып және оларды төрт және сегіз өту жолымен БП-те илемдеу (1 және 2-режимдер) Р6М5 болатында қосымша ұсақтауға және түйіршікті-субтүйіршікті құрылымның қалыптасуына әкелді. Дайындаманың перифериялық аймағындағы жеке түйіршіктердің мөлшері 12-19 мкм жетеді (4,а,б - сурет).



а

б

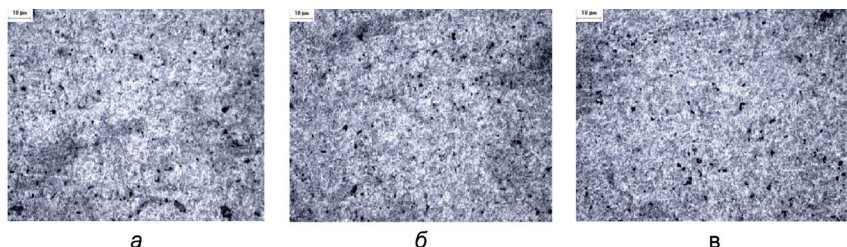
в

а-екі өтуден кейін; б-төрт өтуден кейін; в-алты өтуден кейін
3 сурет - қыздырудан (850°С) және БП-те илемдеуден кейін Р6М5 болатының микроқұрылымы

850°С (3-режим) температурада қыздырылған дайындамалардың БП-те он екі өту жолымен деформациялануы дайындаманың бойлық және көлденең қимасының шеткері аймағында біртекті және тең осьті құрылымның қалыптасуына әкелді (4,в-сурет). Сонымен қатар, түйіршік-субтүйіршік құрылымның одан әрі ұсақталуы байқалады. Тығыздау процестерінің нәтижесінде дайындама металында орташа түйіршік мөлшері шамамен 6-9 мкм болатын илемделген жолақтардың беткі ай-

мағында полигондалған немесе қайта кристалданған құрылым қалыптасады. Түйіршіктердің шекарамен шектес аймақтарында ірі бұрышты шекаралар пайда болады. Дислокацияның тығыздығы өте жоғары және құрылымның суреттерінен оның мәнін есептеу мүмкін болмады.

БП-те илемдеудің келесі жолдарында деформация дәрежесінің жоғарылауымен құрылымның ұсақталуы тек қосарланумен ғана емес, сонымен қатар дислокацияның сырғанау процестерінің дамуы нәтижесінде жасушалық құрылымдардың пайда болуымен де жүреді деп болжауға болады. Жинақталған деформацияның үлкен дәрежесінде бұрынғы егіздер мен субтүйіршіктердің шекаралары үлкен бұрышқа айналады. Үлкен бұрыштық шекаралардың болуы екі кезеңде дамитын кристалл торын қайта бағыттаудың дислокациялық-дискриминациялық механизмінің жүзеге асырылуын көрсетеді [16]: дисциплинация тығыздығы тензорының нөлдік емес компоненттері бар субқұрылымның қалыптасуы; оның дискретті бағдарлау шекараларына ұжымдық релаксациясы. Мұндай механизм кристалл фрагментациясының ең әмбебап механизмдерінің бірі болып табылады, оның ішінде металдар мен қорытпалардың кең класында субмикро - және нанокристалды құрылымдық күйлерді қалыптастыру кезінде де.

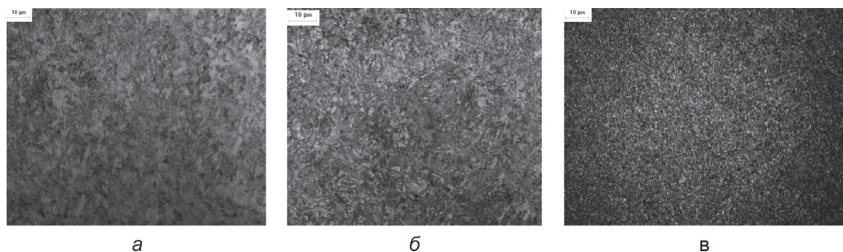


а-төрт өтуден кейін; б-сегіз өтуден кейін; в-он екі өтуден кейін
4 сурет - Р6М5 болатының қыздырудан (850°С) және БП-те илемдеуден кейінгі микроқұрылымы

Осылайша, ауыспалы деформация механизмдерінің әсерінен БП-те илемдеу кезінде кристалл торының фрагментациясы мен қайта бағытталуын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, тығыздығы жоғары дайындаманың шеткі аймақтарында үлкен бұрыштық шекаралар қалыптасады. ТП-те илемдеудің Р6М5 болатының микроқұрылымының қалыптасуына әсерін зерттеу үшін БП-те илемделген жолақтар одан әрі 850°С температурада ТП-те илемделді (5-сурет). 850°С температурада илемдеу қорытпаның микроқұрылымына айтарлықтай әсер ететінін көруге болады. Р6М5 болаттан жасалған жолақтардың үстіңгі аймақтарының микроқұ-

рылымы төрт және сегіз өту жолдары бар БП-те илемдеуден және ТП-те илемдеуден кейін (1 және 2-режимдер) бұрынғы деформация жолақтарының ішінде пайда болған субтүйіршіктердің болуымен сипатталады (5 а, б - сурет,). Субтүйіршіктердің орташа мөлшері 1-4 мкм құрайды. БП-те (3-режимдер) он екі өту жолымен деформацияланған дайындамаларды ТП-те илемдеу жолақтардың бетінде УҰТ өлшемді құрылымның пайда болуына әкеледі. Илемделген жолақтардың бүкіл көлемі бойынша беріктендіру процестерінің өтуі нәтижесінде ультраұсақтүйіршікті өлшем диапазонында құрылым қалыптасады және 0,6-дан 0,9 мкм-ге тең болады (5 в-сурет). Алынған УҰТ құрылым илемделетін жолақтардың перифериялық аймағының барлық көлеміндегі түйіршіктердің біркелкілігімен сипатталады. Микроқұрылымның суреттерінде ТП-те илемделгеннен кейін түйіршік шекараларының айқын бейнесі байқалды. Микроқұрылымның түрі негізінен үлкен бұрыштық шекаралары бар түйіршіктердің пайда болуын көрсетті. Осылайша, БП-те және ТП-те илемдеу процесінде Р6М5 болат құрылымының эволюциясы келесі ретпен жүреді:

- деформациялық субқұрылымның (дислокациялық және қосарланған) түзілуі;
- жолақтар ішіндегі көлденең шекаралардың қалыптасуы, бастапқы кристалдық тордың ішкі кернеулері мен бұрмалануларының жоғарылауы;
- 0,6-0,9 мкм өлшемді УҰТ құрылымын қалыптастыра отырып, полигонизация және бастапқы қайта кристаллизация ретінде беріктендіру процестерін дамыту.



а-төрт өтуден кейін; б-сегіз өтуден кейін; в-он екі өтуден кейін
5 сурет - Қыздырудан (850 оС) және БП-те және ТП-те илемдеуден кейін Р6М5 болатының микроқұрылымы

Осылайша, БП-те және ТП-те илемдеу кезінде құралдың дайындамамен жанасу аймағында ерекше кернеулі-деформацияланған күй пайда болады. Дайындаманың беткі қабатының микрокөлемдері ығысу деформациясына, сондай-ақ бір-бірін алмастыратын қысу және созылу

кернеулері мен деформацияларына ұшырайды. Жоғары қысушы кернеулер микрошарықшықтардың пайда болуына және дамуына кедергі келтіреді, бұл дайындаманың беткі қабатында пластикалық деформацияның өте үлкен мөлшерін жүзеге асыруға жағдай жасайды, оны тек механизмінің ротоциялық икемділігі жағдайында қол жеткізуге болады. Бұл механизмнің дамуы металда УҰТ дайындама құрылымының пайда болуына әкеледі. Ротациялық икемділік сырғанау және қосарлану процестері кезінде материалда қалыптасқан құрылымдық элементтердің (фрагменттердің) салыстырмалы өзгеруімен сипатталатыны белгілі [17]. Мұндай құрылымдық элементтер-бұл қиылысатын деформациялық егіздермен шектелген металдың дислокациялық жасушалары мен микротүйіндері. Фрагменттердің айналуы нәтижесінде олардың шекаралары қалыптасады, олар бастапқыда айтарлықтай ені бар күрделі дислокациялық топтосулар болып табылған. Фрагменттерді одан әрі айналдыру кезінде олардың дислокациялық негізінен төмен бұрышты шекаралары жартылай дискринация нәтижесінде пайда болған жұқа үлкен бұрышты шекараларға қайта құрылады, осылайша УҰТ құрылымы пайда болады.

[17] әдебиеттерден Р6М5 аспаптық болатының кесу және қалыптау құралдарын жасау үшін кеңінен қолданылатын ыстықтай илемделген жолақтар түрінде жеткізудегі кемшілігі - илем осі бойымен (орталықта неғұрлым қарқынды және шеткі жағынан аз) және карбидтердің илем қимасы бойынша біркелкі бөлінбеуі белгілі. Материалдың бастапқы құрылымын зерттеу көрсеткендей, деформация осі бойымен бойлық бағытта өрескел сызықтар мен карбидті жолақтардың болуы байқалады. Құрылымда үлкен де, орташа да, кіші де карбидтердің қосындылары бар. Карбид фазаларының деформация осі бойымен ұқсас бағыты қатаю кезінде көлемдік өзгерістердің анизотропиясына және фазалық ығысу құбылысынан туындаған жылу кернеулері деңгейінің жоғарылауына әкеледі. Тиісінше, құрылымдық біртексіздік құралдың пайдалану қасиеттеріне әсер етеді, мысалы, жылуға төзімділік және тозуға төзімділік. Сондықтан құрылымдық біртектілік аспаптық болаттардың маңызды сипаттамасы болып табылады [17]. Алынған жолақтардың құрылымдық жағдайын талдау көрсеткендей, шеткері екі, төрт және алты өту арқылы илемдеу кезінде үлгінің ығысу деформацияларынан туындаған иілу бағытында карбидті қосылыстардың орналасуы байқалады. Орталық аймақта карбидтердің біркелкі таралуы, сондай-ақ аз мөлшерде қатаю және жолақтану байқалады. 850°C температураға дейін қыздыру және дайындамаларды төрт, сегіз және он екі өту жолымен БП-те деформациялау және 850°C температурада Р6М5 болаттан жасалған жартылай фабрикатты одан әрі илемдеу жолақтың беткі аймағында карбидті біртексіз балының айтарлықтай төмендеуімен қатар жүреді. БП-те төрт және сегіз өту ап-

қылы үлгілерді илемдеу олардың карбидтік біртексіздігін (7-8 балл) 3-4 балға, ал БП-те он екі өту жолымен илемдеу 6-7 балға азайтады. Карбидті біртексіздіктің төмендеу әсері құралдың кесу элементтері орналасқан жолақтың шетіне жақынырақ байқалады, бұл оның тұрақтылығын арттыру үшін алғышарттар жасайды.

Р6М5 болатының құрылымын егжей-тегжейлі талдау жолақтың шеткі аймағында төрт және сегіз өту жолдары бар БП-те илемдегеннен кейін материалдағы карбидті қосындылар негізінен түйіршік шекаралары бойынша бөлінетінін көрсетті. Бұл жағдайда ірі карбидтердің ішінара ұсақталуы байқалады. Карбидтердің орташа мөлшері шамамен 1,2 мкм болды.

Қорытынды. Р6М5 жылдам кесетін болаттан жасалған дайындамалардың микроқұрылымының эволюциясын зерттеу нәтижелері оларды дайындаудың әртүрлі сатыларында қарқынды пластикалық деформацияны пайдалана отырып, УҰТ құрылымы бар жолақтарды алу мүмкіндігін көрсетті. Өңдеудің технологиялық схемасындағы негізгі рөл бұрандалы пішімбіліктерде илемдеуге жатады, нәтижесінде жолақтардың бетіндегі құрылымды қарқынды ұсақтауға қол жеткізіледі. Р6М5 болатының жеткілікті икемділігін сақтау бұрандалы пішімбіліктерде илемдегеннен кейін дайындаманың толқын тәрізді бетін тегіс тішімбілікте тегістеуге мүмкіндік береді, бұл дайындаманың түйіршік құрылымын қосымша ұнтақтауға және жоғары орналасу тығыздығын қалыптастыруға ықпал етеді. Нәтижесінде кесу пластинасын жасау үшін қолданылатын тез кешкіш Р6М5 болаттан жасалған парақ материалында жолақтардың бетінде 0,6 – 0,9 мкм түйіршік мөлшері бар біртекті УҰТ құрылымын қалыптастыру қамтамасыз етіледі, бұл Р6М5 болатының беріктік қасиеттерінің жоғарылауына және функционалды жабындыларды қолдану үшін жолақтардың бетінде оңтайлы құрылымның пайда болуына әкеледі.

Әдебиеттер

1 Okolovich G.A., Shtampovye stali dlya kholodnogo deformirovaniya metallov. Monografiya. – Barnaul. Izd-vo AIGTU, 2010. 358 s.

2 Sherbart S. Sovremennye rezhushhie materialy i instrumenty dlya povysheniya proizvoditel'nosti [Moderne Schneidstoffe und Werkzeuge-Wege zur gesteigerten Produktivität]. Sandvik Tsoromant GmbH: 7-ya konferentsiya po instrumentam SHmal'kal'dera, 2005.

3 Vereshhaka A.S., Vereshhaka A.A. Tendentsii sovershenstvovaniya i metodologshiya sozdaniya funktsional'nykh pokrytij dlya rezhushhego instrumenta. Sovremennye tekhnologii v mashinostroenii: Sbornik nauchnyh statej (Pod redaktsiej A.I.Grabchenko. – KHar'kov: NTU «KHPИ», 2007. S. 192-235).

4 Vereshhaka A.S., Vereshhaka A.A. Povyshenie ehffektivnosti instrumenta putem upravleniya sostavom, strukturaj i svojstvami pokrytij. Uprochnyayushhaya

tehnologiya i pokrytiya Moskva, Uprochnyayushhaya tekhnologiya i pokrytiya, No. 9, 2005. S.9-18.

5 *Panckow, A.N.* Application of novel vacuum-arc ion-plating technologies for the design of advanced wear resistant coatings. /A.N. Panckow, J. Steffenhagen, D. Wegener, L. Dubner, F. Lierath. //Surface and Coating Technologies. 2001. Vol. 138, P. 71-76.

6 *Gleiter H.* Nanostructured materials: basic concepts and microstructure // Acta mater. 2000. V.48. P.1-29.

7 *Koch C.C.* Bulk Behavior of Nanostructured Materials. //North Carolina State University Annals. 2002. Chapter 6. P.184-232.

8 Simultaneously Increasing the Ductility and Strength of Nanostructured Alloys //YongHao Zhao, Xiao-Zhou Liao, Sheng Cheng, En Ma, and Yuntian T. Zhu. 2006 WILEYVCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.P. 123-132.

9 *Okumiya, M.* Mechanical properties and tribological behavior of TiN-CrAlN and CrN/CrAlN multilayer coatings. /M. Okumiya, M. Gripenrog.// Surface and Coating Technologies.1999. Vol 112, P.123-128.

10 *Shajkhutdinova L. R. , Khajretdinov E.H. F., Sitdikov V. D.* Issledovanie vliyaniya ionnogo azotirovaniya na strukturu i mekhanicheskie svoystva instrumental'noj bystrorezhushej stali r6m5 posle IPD // Vestnik UGATU, 2017. T. 21, No. 4 (78). S. 50–56.

11 *KHvan A. D.* Povyshenie stojkosti stali R6M5 plasticheskoj deformatsiej v neizotermicheskom rezhime // Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii. 2011. No. 11. S. 21–23.

12 *Valiev R.Z., Aleksandrov I.V.* Nanostrukturnye materialy, podvergnutyje intensivnoj plasticheskoj deformatsii. Moskva, Logos, 2000. 272 P.

13 Vintooobraznyj instrument dlya prokatki metallov i splavov / S.A. Mashekov, E.H.A. Tusupkalieva, E.Z. Nugman i dr. Patent No.33745, Data registratsii 04.07.2019 g.

14 *Ilyushkin M.V.* Modelirovanie protsessov obrabotki metallov davleniem v programme Ansys/Ls-dyna. Uchebnoe posobie. – Ul'yanovsk: UIGU. 2013. 112 P.

15 *Utevskij L.M.* Difrakcionnaya ehlektronnaya mikroskopiya v metallove-denii. Moskva, Metallurgiya, 1973. 584 P.

16 *Tyumentsev A.N., Ditenberg I.A.* Strukturnye sostoyaniya s vysokoj kriviznoj kristallicheskoj reshetki v submikrokristallicheskikh i nanokristallicheskikh metallicheskikh materialakh// Izvestiya vuzov. Fizika. 2011. No. 9. 26 – 36 P.

17 *Bataev V.A., Bataev A.A., Tushinskij L.I., Kotorov S.A., Sukhanov D.A.* Rotatsionnyj kharakter plasticheskogo techeniya v stali s geterofaznoj strukturoj. // Vestnik TGU. 2000. Vol 5, No 2-3, 289 – 291 P.

Абдирова Р.Д., Number ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7740-2321>,
e-mail: raushan.abdirova@mail.ru

Машеков С.А., Number ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9577-2219>,
e-mail: mashekov.1957@mail.ru

Тусупкалиева Э.А., e-mail: e.tussupkaliyeva@satbayev.university

Д.А. Абзалова¹, Д.С. Мырзалиев¹, О.Б. Сейдуллаева¹, Т.Б. Сеулханов¹

¹Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, г.Шымкент, Казахстан

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В процессе эксплуатации машин и их деталей под влиянием атмосферных и механических воздействий и резкой смены температур лакокрасочное покрытие тускнеет, теряет свой первоначальный цвет, на нем появляются трещины, царапины, сколы и другие дефекты, то же происходит и с крупногабаритными конструкциями. Для поддержания хорошего внешнего вида требуется постоянный уход, а также частичная или полная замена лакокрасочного покрытия. Проведение научно-исследовательской работы вызвано необходимостью системного изложения накопленных знаний в области исследования долговечности лакокрасочных покрытий техники, а также совершенствования технологии нанесения лакокрасочных покрытий с целью повышения их долговечности при производстве техники машиностроительной отрасли. В предлагаемой работе исследуются свойства лакокрасочных материалов и покрытий, методы их испытания и предлагается экспериментально подтвержденное направление совершенствования технологии нанесения лакокрасочных покрытий с целью повышения долговечности деталей машин при эксплуатации техники.

Ключевые слова: лакокрасочное покрытие, агрессивная среда, защитные свойства, адгезионная прочность, долговечность покрытий.

• • •

Түйіндеме. Металды коррозиядан қорғау-баяудың маңызды функциясы. Атмосфералық және механикалық әсерлерден машиналар мен олардың бөлшектерін пайдалану және температураның күрт өзгеруі кезінде бояулар мен лактар түсіп кетеді, бастапқы түсін жоғалтады, жарықтар, сызаттар, чиптер және басқа да ақаулар пайда болады, сонымен қатар үлкен құрылымдарда да болады. Жақсы көріністі сақтау үшін үнемі күтім қажет, сонымен қатар бояуды ішінара немесе толық ауыстыру қажет. Машина-трактор паркін (әсіресе тракторлар, Ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу техниканың лак-бояу жабындарының ұзақ мерзімділігін зерттеу саласында жинақталған білімді жүйелі түрде баяндау қажеттілігінен, сондай-ақ машина жасау саласының техникасын өндіру кезінде олардың ұзақ мерзімділігін арттыру мақсатында лак-бояу жабындарын жағу технологиясын жетілдіруден туындады. Ұсынылып отырған жұмыста лак-бояу материалдары мен жабындарының қасиеттері, оларды сынау әдістері зерттеледі және техниканы пайдалану кезінде

машина бөлшектерінің ұзақ мерзімділігін арттыру мақсатында лак-бояу жабындарын жағу технологиясын жетілдірудің эксперименттік расталған бағыты ұсынылады.

Түйінді сөздер: лак-бояу жабындысы, агрессивті орта, қорғаныс қасиеттері, жабысқақ беріктігі, жабындардың беріктігі.

• • •

Abstract. One of the ways to extend the service life of the machine is a high-quality paint plus maintenance and repair. Almost all components and parts of the machines have paint coatings, which improves the overall esthetics of the machine marketable look and protects the metal parts from corrosion. Protecting metal parts from corrosion is the most important function of paintwork. During the operation of machines and their parts under adverse effects of weather and mechanical impacts and sharp changes in temperature, the paint coating fades, loses its original color, while cracks, scratches, chips and other defects appear on it, the same happens with large-sized structures. To maintain a good appearance, constant maintenance is required, as well as partial or complete replacement of the paintwork. In the total scope of maintenance and repair of the machine and tractor fleet (especially tractors, trucks and combine harvesters), paintjob maintenance stands out. Carrying out research works caused by the need for a systematic presentation of accumulated knowledge in the field of research of durability of coatings technology and improvement of application technology of coatings with the aim of increasing their durability in the manufacture of engineering machinery industry. In this paper, we investigate the properties of paints and coatings, methods of testing and is offered experimentally confirmed the direction of improving the technology of applying coatings with the aim of improving the durability of machine parts during operation of the equipment.

Keywords: paint coating, aggressive environment, protective properties, adhesive strength, durability of coatings.

Введение. Эффективность применения лакокрасочного материала в качестве защитного покрытия устанавливается на основе строго научного определения его оптимальной долговечности. С этой целью были исследованы защитные свойства лакокрасочных покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана, полученного на основе отходов гидролизной промышленности [1,2]. При существующей тенденции развития машиностроительной промышленности эффективное снижение стоимости деталей машин, оборудования затрат на противокоррозионную защиту и эксплуатационных затрат при высокой степени надежности работ и необходимой долговечности оборудования является важнейшей задачей. Решение этой

задачи во многом зависит от осуществления ряда мероприятий, одним из которых является создание эффективных защитных покрытий. Долговечность и эффективность защиты металлов покрытия в значительной степени определяется качеством подготовки поверхности перед окрашиванием.

Анализ зарубежных и отечественных работ в области создания рецептур различных покрытий свидетельствует о том, что и наиболее перспективными являются: разработка и освоение выпуска составов, эффективных при нанесении на прокорродировавший металл; использование новых «малых» добавок, обеспечивающих как более активное взаимодействие с продуктами коррозии, так и торможение коррозионного процесса в целом; использование пленкообразователей и модифицирующих добавок на основе отходов различных производств. Одним из путей решения этих проблем по поиску методов окраски металла -использование таких покрытий, т.е. веществ, вступающие в химическое взаимодействие с продуктами коррозии и превращающие их слой, который прочно удерживается на поверхности металла, тормозит процесс коррозии и обеспечивает хорошее сцепление с лаками и красками.

Методы исследования. Методология и методы исследования предлагаемых способов нанесения лакокрасочных покрытий включают в себя проведение их лабораторных и натурных испытаний, экспериментальные методы определения долговечности лакокрасочных покрытий. Предлагаемые подходы и методы базируются на основных положениях теории надежности машин и их деталей, методах планирования эксперимента, экспериментальных исследованиях прочности лакокрасочных покрытий. Используются различные методы исследования защитных свойств разработанных лакокрасочных покрытий в соответствии с ГОСТ.

Результаты исследования. Цель работы - исследование защитных свойств комплексных систем химически стойких лакокрасочных покрытий в различных агрессивных средах [3-5]. Лакокрасочное покрытие, разработано на основе отходов местного производства, и предназначено для защиты противокорродированных металлоконструкций, деталей машин и оборудования от воздействия агрессивных сред кислого и основного характера. Работы в этом направлении были продолжены с целью повышения защитных свойств лакокрасочных покрытий, сокращения расхода дефицитных компонентов и снижения стоимости. Композиция разработана на основе дешевых, недефицитных компонентов, для нее характерны простота технологии изготовления и нанесения [6,7].

Испытание исследуемых покрытий в лабораторных условиях на химическую стойкость проводилось в соответствии с ГОСТ 9.403-90 методом полного погружения образцов в растворы серной 10 и 20%-й концентрации, в 10-20 %-й раствор NaOH, и 3%-й раствор NaCl. Обобщенная оценка состояния покрытий по сохранению защитных свойств системы покрытия ЭНБС_к с отвердителем ПЭПА, с наполнителем сажи марки ПМ-15 и без них проводилось в соответствии с ГОСТ 3.407-84. Указанная система ЭНБС_к + ПЭПА сохраняет защитные свойства без изменения в течение 120-200 суток. Результаты испытаний системы: ЭНБС_к + ПЭПА и ЭНБС_к + сажа марки ПМ-15 имеют аналогичный характер. Испытания в 20% растворе NaOH показали, что покрытие на основе эпоксидно-новолачных блоксополимеров ксилитана высокоэффективны. Системы покрытий с ЭНБС_к остаются почти без изменений при испытаниях в течение 300 и более суток. Результаты визуальных наблюдений за состоянием покрытий с наполнителем хорошо коррелируют с данными о защитных свойствах комплексных систем покрытий. Окончательные и наиболее достоверные выводы об эффективной и защитной способности покрытий можно сделать лишь по результатам испытаний комплексных систем лакокрасочных покрытий с их применением. Данные свидетельствуют о том, что наряду с защитными свойствами ЭНБС_к исследованы и физико-механические свойства покрытий: прочность при ударе-3-5,0 Дж; адгезия-1 балл. Эти показатели очень высоки, что указывает на её хорошие эксплуатационные качества в условиях случайных ударов. По качественным и эксплуатационным характеристикам разработанные покрытия не уступают, а по некоторым показателям превосходят промышленные эпоксидиановые покрытия. В соответствии с этим разработанный новый состав покрытия может быть использован для окраски техники, деталей машин и стальных поверхностей [8,9]. Особое место уделено исследованию разработке материала для получения токопроводящих покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана. Покрытие содержит 30 весовых частей сажи марки ПМ-15 на 70 весовых частей эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана.

Выбор тех или иных компонентов для создания токопроводящей лакокрасочной композиции определяется совокупностью требований, предъявляемых к покрытию в отношении его электрических, физических, химических и механических свойств. Наиболее общими требованиями в большинстве случаев являются следующие:

- возможность нанесения токопроводящего материала на поверхность изделий без тщательной ее подготовки, т.е. высокая адгезия покрытия;

- простота метода нанесения;
- отверждение покрытий при нормальной температуре (20-30°C);
- высокие физические и механические свойства покрытий

В связи с этим изучалась возможность использования в качестве отвердителя полиэтиленполиамин для покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и наполнителя сажи марки ПМ-15 при 20°C. Степень наполнения лакокрасочной системы оказывает влияние не только на электропроводность и структуру покрытий, но и на процесс их отверждения. Установлено, что увеличение степени наполнения сажей лакокрасочных покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана сопровождается увеличением скорости их отверждения. Следует отметить, что процесс отверждения, в свою очередь, оказывает влияние на электропроводность токопроводящих покрытий. Так, при изучении саженасыщенных покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана установлено, что электропроводность покрытий увеличивается в результате процесса отверждения. Последнее обуславливается увеличением фактической концентрации сажевых частиц вследствие улетучивания растворителя и низкомолекулярных фракций, уменьшения объема системы при поперечном сшивании макромолекул и за счет образования перемычек между подготовленными ранее элементами сажевых структур. Одновременно с этим поперечное сшивание макромолекул сопровождается дроблением агрегатов, состоящих из сажевых частиц, что приводит к увеличению концентрации. Уменьшение объема системы и увеличение концентрации частиц сажи способствует увеличению контактов «сажа-сажа» и повышению электропроводности системы. Эти процессы развиваются тем глубже, чем быстрее осуществляется процесс структурообразования, а также чем интенсивнее протекают процессы улетучивания низкомолекулярных фракций и увеличение степени поперечного сшивания. Химическая природа связующего не только определяет антикоррозионные, физико-химические и механические свойства, но и оказывает существенное влияние на их электропроводность. Дисперсионная среда, составляющая основу токопроводящей композиции, представляет собой смесь различных органических растворителей, в которых пленкообразующий материал может быть растворен. Хорошая смачивающая способность пленкообразующего - необходимое условие получения высококачественных электропроводящих лакокрасочных покрытий. Она обуславливает распределение наполнителя в дисперсионной среде в виде отдельных частиц, что способствует образованию непрерывных структур наполнителя. При исследовании влияния

химической природы связующего на распределение сажи в смолах, а также на структурно-механические и электрические свойства саженасыщенных композиций на основе новолачной феноло-формальдегидной и эпоксикисилитановой смолы, было установлено, что напряжение сдвига при содержании сажи 20%, в эпоксикисилитановой смоле почти в 2-2,5 раза выше, чем в новолачной феноло-формальдегидной смоле, так как сажевые частицы связаны с последней более прочно. Физико-механические свойства покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и сажи марки ПМ-15 представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и сажи марки ПМ-15

№	Свойства покрытий	Показатели
1	прочность пленки при изгибе по шкале ШГ, мм, не более	10
2	адгезия покрытия по методу решетчатых надрезов в баллах	1
3	твердость покрытия по маятниковому прибору типа М-3	0,89-0,92
4	удельное объемное сопротивление, ом·мм ² /м	1·10 ⁴ -5·10 ⁴
5	прочность пленки при ударе, кгс·см, не менее	50
6	толщина покрытия, мкм	100 -120
7	водопоглощение за 24 ч. при 20°С, %	0,08
8	усадка, %	0,2-0,8
9	предел прочности, МПА :	
	- при сжатии	120-140
	- при изгибе	80-110
10	теплостойкость по Вика, °С	120-130

Из приведенных данных физико-механических свойств покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и сажи марки ПМ-15 холодного режима отверждения следует, что покрытия обладают высокой адгезией и удовлетворительными механическими характеристиками. Покрытия, изготовленные на основе ЭНБС ксилитана, модифицированного сажой марки ПМ-15, отличаются хорошей адгезией, эластичностью, способностью отверждаться без выделения летучих веществ, малой усадкой в процессе отверждения, высокой механической прочностью, хорошей химической и атмосферной устойчивостью. Основные свойства эпоксикисилитановых смол могут регулироваться выбором отвердителей и путем введения модификаторов и наполнителей. Наряду с физико-механическими свойствами, стойкость к внешним воздействиям является главным показателем определяющим качество лакокрасочных покрытий.

Адгезионная прочность зависит от структурных особенностей и химических свойств лакокрасочного покрытия. Для определения химической стойкости покрытий был выбран состав лакокрасочного покрытия на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и сажи марки ПМ-15 холодного режима отверждения. Испытания проводились в лабораторных условиях при комнатной температуре [9,10]. Исследования химической стойкости покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и сажи марки ПМ-15 холодного режима отверждения в различных агрессивных средах в соответствии с ГОСТ проводили в течение длительных сроков. Испытывали лакокрасочные покрытия, отвержденные по оптимальным режимам. Оценка качества покрытий и их антикоррозионных свойств производилась по четырехбалльной системе с учетом набухания (таблица 2).

Таблица 2- Система оценки химической стойкости покрытия

№	балл	оценка	изменение внешнего вида покрытия после экспонирования в агрессивной среде
1	1	весьма стойкое	без изменений
2	2	стойкое	незначительные изменения по цвету, потеря блеска
3	3	условно стойкое	набухание и образование вздутий или частичное растрескивание без коррозии металла под покрытием
4	4	нестойкое	отслоение и разрушение покрытия, коррозия металла под ним

В качестве подложки использовали углеродистую сталь Ст.3. Полученные данные позволяют утверждать, что коррозионная стойкость покрытий удовлетворительна. Результаты химической стойкости покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и сажи марки ПМ-15 холодного режима отверждения представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Химическая стойкость покрытий на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана

№	Покрытия на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера ксилитана и сажи марки ПМ-15 холодного режима отверждения			
	агрессивная среда	концентрация, %	время испытания, сут.	оценка стойкости Пк, балл
1	H ₂ O	дист.	500	1
2	NaCl	3	210	1
3	NaOH	10	140	1
4	NaOH	20	120	1
5	H ₂ SO ₄	10	180	1
6	H ₂ SO ₄	25	140	1

Полученные данные позволяют утверждать, что коррозионная стойкость покрытий в основном оставалась на хорошем уровне. Для оценки антикоррозионных свойств покрытий все большее значение приобрел емкостно-омический метод. Защитные свойства покрытий характеризуются по частотной зависимости, сопротивлению защищенных образцов и изменению их величин во времени. При отсутствии дефектов значения частотной зависимости (R) мало и сопротивление защищенных образцов и изменение их величин во времени (C) практически не зависят от частоты. Появление дефектов в пленке, нарушение сплошности приводят к увеличению (C) и росту ее зависимости от частоты. Следовательно, этот метод позволяет обнаруживать дефекты до их визуального проявления. В качестве электролитов использовали агрессивные среды: 3% NaCl и 10% HNO₃. Экспериментальные данные показали, что сразу после погружения покрытий в агрессивную среду, выявляется значительная зависимость сопротивления от частоты и не изменяется при этом емкость. Замеры производили на 15,45,150,240 сутки. Кривые, полученные после экспонирования покрытий в агрессивных средах, сохраняют первоначальный характер, что свидетельствует о том, что разработанные покрытия препятствуют проникновению коррозионно-активных сред к поверхности металла в течение длительного времени и могут быть применены в качестве защитных покрытий металлоконструкций и оборудования в машиностроении.

Выводы. Разработан оптимальный состав лакокрасочного покрытия на основе эпоксидно - новолачного блоксополимер ксилитана (ЭНБС_к) в смеси растворителей, наполнителя и отвердителя аминного типа, пригодный для получения покрытия холодного режима отверждения. Изучен процесс отверждения покрытия при комнатной температуре в присутствии отвердителя аминного типа. Показано, что эффективным отвердителем разработанного покрытия на основе эпоксидно - новолачного блоксополимера ксилитана является полиэтиленполиамин (ПЭПА), вводимый в количестве 5% от веса сухого остатка. Показано, что в качестве углеродного наполнителя токопроводящих составов на основе эпоксидно - новолачного блоксополимера ксилитана (ЭНБС_к) пригодна сажа марки ПМ-15, обладающая хорошим диспергированием в связующем и обеспечивающая получение покрытий с удельным объемом электрического сопротивления $1 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^4$ ом*мм²/м. Исследованы защитные свойства полученных покрытий на основе эпоксидно - новолачного блоксополимер ксилитана (ЭНБС_к) и эпоксидно - новолачного блоксополимери ксилитана (ЭНБС_к) + сажа марки ПМ-15. Установлена возможность использо-

вания разработанного состава для защиты деталей (узлов) машин от коррозии. Физико - механические и защитные свойства разработанного состава лакокрасочного покрытия не уступают показателям промышленных покрытий на основе эпоксидно-диановых блоксополимеров, модифицированных фенол-формальдегидными смолами. Разработанные покрытия обладают положительными свойствами, что подтверждено актами испытаний Южно - Казахстанского университета им. М.Ауэзова и предприятий «Эталон», «Карданвал», «ALASH GROUP KZ».

Список литературы

1 Гольдберг М.М. Лакокрасочные покрытия в машиностроении. М.: Машиностроение, 2004.- 576с. [Gol'dberg M.M. Lakokrasochnyye pokrytiya v mashinostroyenii.M.: Mashinostryeniye, 2004.- 576s]

2 Яковлев А.Д. Химическая технология лакокрасочных покрытий. – Л.: Химическая промышленность, 2011.- 242 с.[Yakovlev A.D. Khimicheskaya tekhnologiya lakokrasochnykh pokrytiy. – L.: Khimicheskaya promyshlennost', 2011.- 242 s]

3 Курчаткин В.В., Тельнов Н.Ф., Ачкасов К.А. Надежность и ремонт машин / [и др.]. - М.: Колос, 2000.-776 с.[Kurchatkin, V.V. Nadezhnost' i remont mashin [Tekst] / V.V. Kurchatkin, N.F. Tel'nov, K.A. Achkasov [i dr.]. - М.: Kolos, 2000.-776 s]

4 Syrmanova K.K., Abzalova D.A., Tuleuov A.M., Rivkina T.V. - «Receipt features of modified corrosion resistant materials based on epoxy-novolacxyllitane block copolymers» - III INTERNATIONAL CONFERENCE «INDUSTRIAL TECHNOLOGIES AND ENGINEERING», ICITE-2016, October 28-29, 2016-M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan, p.125

5 Abzalova D.A., Syrmanova K.K., Negim E.Sayed, Kaldybekova Zh.B. - «Studyof protective properties of the epoxyslitanemodified coatings» - III INTERNATIONAL CONFERENCE «INDUSTRIAL TECHNOLOGIES AND ENGINEERING», ICITE-2016, October 28-29, 2016-M.Auezov South Kazakhstan State University , Shymkent, Kazakhstan

6 Орлова О.В., Фомичева Т.Н. Технология лаков и красок. М.: Химия, 2014.- 384с. [Orlova O.V., Fomicheva T.N. Tekhnologiya lakov i krasok. М.: Khimiya, 2014.- 384s.]

7 Абзалова Д.А., Мырзалыев Д.С., Воеводин Е.П., Бахрам Ж.С., Жолбарыс Н.К. Роль лакокрасочных покрытий в обеспечении долговечности и работоспособности сельскохозяйственной техники» - научный журнал «Вестник науки Южного Казахстана», №3(7), 2019г. - 86с. [Abzalova D.A., Myrzaliyev D.S., Voyevodin Ye.P., Bakhram Zh.S., Zholbarys N.K.- «Ro'l' lakokrasochnykh pokrytiy v obespechenii dolgovechnosti i rabotosposobnostisel'khozyaystvennoy tekhniki» - nauchnyy zhurnal «Vestnik nauki Yuzhnogo Kazakhstana», №3(7), 2019g. - 86s.]

8. *Демкин Н.Б., Рыжов Э.В.* Качество поверхности и контакт деталей машин. - М.: Машиностроение, 2010. - 244с. [Demkin N.B., Ryzhov E.V. Kachestvo poverkhnosti i kontakt detaley mashin. - M.: Mashinostroyeniye, 2010. - 244s]

9. *Суходоля А.В., Лихачева Т.Е.* Причины коррозии навесного оборудования из нержавеющей стали // Автотранспортное предприятие. – М.: НПП Транснавигация, Минтранс России. - 2013. № 3. -45с. [Sukhodolya, A.V. Prichiny korrozii navesnogo oborudovaniya iz nerzhaveyushchey stali / T.Ye. Likhacheva, A.V. Sukhodolya // Avtotransportnoye predpriyatiye. – M.: NPP Transnavigatsiya, Mintrans Rossii. - 2013. № 3. -45s.]

Абзалова Д.А., кандидат технических наук, доцент,
e-mail:dilya0158@mail.ru

Мырзалиев Д.С., кандидат технических наук, доцент,
e-mail: darkhan-m7@mail.ru

Сейдуллаева О.Б., магистр, преподаватель,
e-mail:orynkul_s@mail.ru

Сеилханов Т.Б., магистрант

С.Т. Демесова¹, Р.А. Омаров¹, Д.Р. Омар¹, Е.С. Ержигитов¹

¹Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

К ИССЛЕДОВАНИЮ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТЕПЛООВОГО НАСОСА С САМООХЛАЖДЕНИЕМ КОМПРЕССОРА

Аннотация. Тепловой насос – техническое средство осуществляющее перенос тепловой энергии от низкопотенциального источника к потребителю, относится к перспективному направлению теплоэнергетики. Выдвинуты гипотезы повышения эффективности теплового насоса при подключении к нему гелиоколлектора, а также путем саморегулируемого охлаждения компрессора испарителем. Теоретическими исследованиями анализируются концепции совместного поглощения энергии прямого солнечного излучения и тепла из окружающего воздуха, которая возникает в гелиоколлекторе при его работе с тепловым насосом, а также интенсификации теплоотдачи с поверхности компрессора путем поглощения избыточного тепла испарителем. Новые технические решения способны повысить теплопроизводительность гелиоколлектора за счет эффекта совместного поглощения энергии прямого солнечного излучения и тепла из окружающего воздуха и теплового насоса за счет возврата в систему тепла выделяемого компрессором и улучшения температурного режима работы компрессора, включая охлаждение электрических обмоток приводного двигателя.

Ключевые слова: тепловой насос, компрессор, испаритель, конденсатор, коэффициент преобразования, низкопотенциальный источник тепла, энергосбережение, энергоэффективность, возобновляемая энергетика.

• • •

Түйіндеме. Жылу сорғысы – жылу энергиясын төмен потенциалды көзден тұтынушыға тасымалдауды жүзеге асыратын техникалық құрал. Ол жылу энергетикасының перспективалық бағытына жатады. Авторлар оған гелиоколлектор қосылған кезде жылу сорғысының тиімділігін арттыру, сондай-ақ компрессорды буландырғышпен өзін-өзі реттеу арқылы салқындату гипотезаларын алға тартты. Теориялық зерттеулер гелиоколлекторда жылу сорғымен жұмыс істеу кезінде пайда болатын тікелей күн сәулесі мен қоршаған ауадан жылу энергиясын бірлесіп сіңіру, сондай-ақ буландырғышпен артық жылуды сіңіру арқылы компрессордың бетінен жылу беруді күшейту тұжырымдамаларын талдайды. Авторлар жаңа техникалық шешімдер – компрессор шығаратын жылу жүйесіне оралу және компрессордың температуралық режимін жақсарту, соның ішінде жетек қозғалтқышының электр орамаларын салқындату арқылы тікелей күн сәулесі мен жылу энергиясын қоршаған

ауамен және жылу сорғысымен бірлесіп сіңіру әсерінен гелиоколлектордың жылу өнімділігін арттыра алады деген қорытындыға келді.

Түйінді сөздер: жылу сорғысы, компрессор, буландырғыш, конденсатор, түрлендіру коэффициенті, төмен потенциалды жылу көзі, энергия үнемдеу, энергия тиімділігі, жаңартылатын энергия.

• • •

Abstract. The heat pump is a technical device that transfers heat energy from a low-potential source to a consumer. It belongs to a promising direction of heat power engineering. The authors put forward hypotheses for improving the efficiency of the heat pump by connecting a solar collector to it, as well as by self-regulating cooling of the compressor with an evaporator. Theoretical research analyzes the concepts of joint absorption of energy from direct solar radiation and heat from the surrounding air, which occurs in the solar collector when it works with the heat pump, as well as the intensification of heat transfer from the compressor surface by absorbing excess heat by the evaporator. The authors conclude that new technical solutions can increase the heat capacity of the solar collector by means of the effect of joint absorption of energy from direct solar radiation and heat from the surrounding air and the heat pump by returning the heat generated by the compressor to the system and improving the temperature regime of the compressor, including cooling the electric windings of the drive motor.

Keywords: heat pump, compressor, evaporator, condenser, conversion factor, low-potential heat source, energy saving, energy efficiency, renewable energy.

Введение. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов является сегодня одной из глобальных проблем. Истощение запасов традиционного ископаемого топлива и экологические последствия его сжигания обусловили в последние десятилетия значительное повышение интереса к технологиям использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) [1-3]. Технологии НВИЭ представляют большой интерес для сельского хозяйства и экономики в целом [4,5]. Значительно сокращаются затраты на энергоносители, стоимость которых продолжает расти. Большая часть объектов АПК требует повышения степени автономности систем энергообеспечения за счет применения НВИЭ. И, конечно, главная задача НВИЭ – это экологическая чистота. Эти качества будут определять приоритеты формирования конкурентной ситуации на рынке теплогенерирующего оборудования.

Если солнечные коллекторы (гелиоколлекторы), ветро-, ги-

дрозлектростанции широко известны, то о возможностях тепловых насосов (ТН) недостаточно информированы даже специалисты. Известно, что ТН позволяет одновременно вырабатывать тепловую энергию и охлаждать. Позволяют поглощать тепло рассеянное в окружающей среде, в том числе в земле, воде, воздухе, которые принято называть низкопотенциальным теплом (НПТ). По сути, тепловой насос – это преобразованный холодильник. В обоих есть испаритель, компрессор, конденсатор и дросселирующее устройство. Цикл работы у холодильника и насоса абсолютно одинаков, разнятся только параметры настройки. Даже внешне, по размерам и форме, они похожи друг на друга. Затратив 1 кВт электроэнергии на привод компрессора ТН, можно получить 3-4 кВт тепловой энергии. Целью исследования является обоснование нового технического решения ТН, который позволит повысить его технико-экономические показатели.

Новизна технического решения подтверждена патентом РК [6] и исследованиями [7, 8].

Статья публикуется по материалам грантового проекта бюджетной программы 217 Комитета науки МОН РК: № 1769/ГФ4 «Разработка инновационного теплового насоса для «зеленой» низкоуглеродной экономики с микропроцессорным управлением» [9].

Материалы и методы исследований. Функционирование ТН – сложный термодинамический процесс, который состоит из внутренних процессов преобразования энергии, а также из взаимодействия ТН с источником низкопотенциального тепла (ИНПТ), из которого он извлекает тепловую энергию. Рассмотрим закономерности функционирования теплового насоса на примере его работы в системе с гелиоколлектором (ГК), через который извлекается солнечная энергия (E , кВт/м²). Также, в результате понижения температуры теплоносителя в полости ГК происходит дополнительное поглощение тепла из окружающего его воздуха (Q_2). Уравнение теплового баланса процесса имеет следующий вид:

$$(E - Q_0 - Q_1 + 2Q_2) \cdot S - Q_3 = C_1 \cdot \frac{dt_1}{d\tau} , \quad (1)$$

где: Q_0 – потери, связанные с отражением части СЭ от поверхности светопрозрачного покрытия ГК и потерями при прохождении через

покрытие; Q_1 – потери СЭ связанные с прохождением через поглощающую панель (ПП); Q_3 – тепло, которое забирает ТН из ГК или полезная теплопроизводительность ГК; S – площадь ГК; C_1 – общая теплоемкость теплоносителя и материала ГК, ккал/град; t_1 – текущая температура теплоносителя; τ – время, ч.

Решением уравнения (1) является формула для расчета текущей температуры теплоносителя в контуре «ГК-испаритель»:

$$t_1 = \frac{U_L \cdot t_0 \cdot S + W_{EL} \cdot \epsilon \cdot t_4 + E(1 - k_0 - k_1 + k_1 \cdot k_0) \cdot S - W_{EL} \cdot (a - 1)}{U_L \cdot S + W_{EL} \cdot \epsilon} - \frac{E(1 - k_0 - k_1 + k_1 \cdot k_0) \cdot S - W_{EL} \cdot (a - 1) + W_{EL} \cdot \epsilon \cdot (t_4 - t_0)}{U_L \cdot S + W_{EL} \cdot \epsilon} \exp \left[- \frac{(W_{EL} \cdot \epsilon + U_L \cdot S) \cdot \tau}{C_1} \right] \quad (2)$$

Из (2) выводится формула холодопроизводительности испарителя ТН:

$$Q_1 = [E(1 - k_1) \cdot S - W_{EL} \cdot (a - 1) + W_{EL} \cdot \epsilon \cdot (t_4 - t_0)] \exp \left[- \frac{(W_{EL} \cdot \epsilon + U_L \cdot S) \cdot \tau}{C_1} \right] \quad (3),$$

где W_{EL} – расход энергии на привод компрессора

Для описания процесса самоохлаждения компрессора рассмотрим схему ТН, показанную на рисунке 1 [6]. На схеме: 1 – теплообменник испарителя; 2 – теплообменник конденсатора; 3 – компрессор; 4 – дроссельный клапан; 5 и 6 – трубки, по которым циркулирует хладагент (фреон), уложенные по винтовой линии в теплообменниках 5 и 6; 7 – штуцеры, соединяющие внешние подводящие трубки с выходными концами внутренних трубок 5 и 6; 8 – кольцевая сетчатая обечайка-делитель воздушных потоков.

Как видно, теплообменники испарителя и конденсатора изготовлены в виде кольцеобразных емкостей, с внутренним радиусом R_1 и внешним R_2 . Емкости устанавливаются друг над другом, соосно – снизу теплообменник испарителя, а сверху конденсатор. Компрессор устанавливается в центре цилиндрической обечайки теплообменника испарителя.

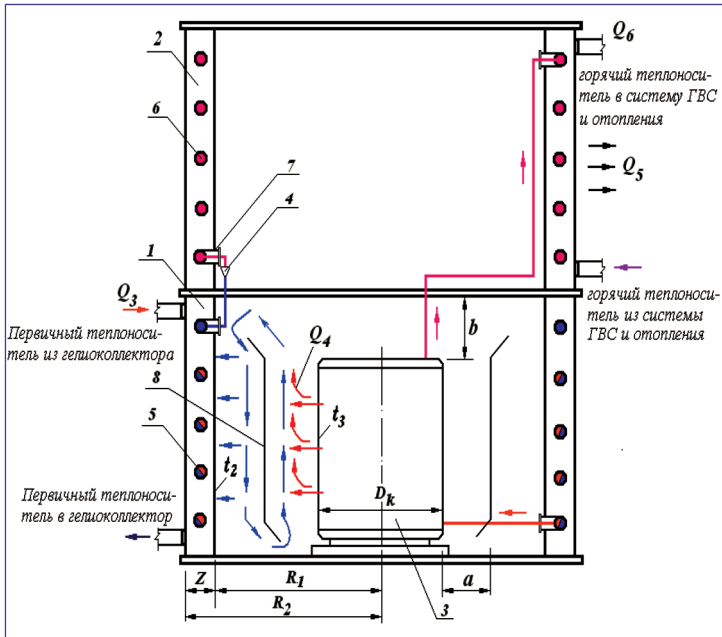


Рисунок 1 – Схема конструкции ТН

Q_3 – тепло, которое поступает из ГК посредством циркулирующего в контуре теплоносителя, через верхний патрубок теплообменника испарителя; Q_6 – тепло, которое передается в систему отопления, через верхний патрубок теплообменника конденсатора; Q_4 – выделяющееся с поверхности компрессора. При работе ТН трубы 5 поглощают тепло из ГК, которое передается в конденсатор и систему отопления. Одновременно происходит нагрев компрессора, с выделением тепла Q_4 (рисунок 1). Нагрев является следствием сжатия парообразного хладагента и нагрева обмоток приводного электродвигателя. В известных ТН и холодильных установках задачу охлаждения решают путем внешнего обдува корпуса компрессора вентилятором. Если принудительно не удалять выделяемое тепло, компрессор может выйти из строя из-за перегрева. Нежелательно превышение его температуры свыше 90°C .

В предлагаемой конструкции ТН компрессор охлаждается при помощи испарителя, теплообменник которого охватывает поверхность компрессора [6]. Процесс осуществляется следующим обра-

зом. Воздушный поток циркулирующий в промежутке между компрессором и испарителем, движется вверх вдоль нагретой поверхности компрессора, снимая с него тепло. Затем, часть потока, соприкасаясь с внутренней холодной поверхностью теплообменника испарителя, опускается вниз, отдавая ему свое тепло. Ввиду того, что нагретая и холодная поверхности располагаются достаточно близко, также образуется теплообмен излучением между поверхностями.

Задачу нагрева компрессора, можно рассмотреть, как процесс нагрева тела внутренних источников тепла, постоянной мощности P [10,11].

Принимаются следующие предположения:

- температура тела в любой момент времени одинакова во всех точках объема V ;
- теплоемкость тела C не зависит от температуры;
- коэффициент теплоотдачи $k_{то}$ практически не зависит от превышения температуры и одинаков по всей поверхности тела.

За время $\partial\tau$ энергия, генерируемая в теле, будет расходоваться на повышение температуры тела ($C \cdot \partial\tau$) а часть ее ($k_{то} \cdot t \cdot \partial\tau$) будет отдаваться в окружающую среду:

$$P \cdot \partial\tau = C \cdot \partial t + k_{то} \cdot S \cdot \partial\tau \quad (4)$$

После соответствующих преобразований уравнение (4) приводится к виду:

$$\frac{\partial t}{\partial\tau} + \frac{k_{то} \cdot S}{C} \cdot t - \frac{P}{C} = 0 \quad (5)$$

Частным решением (5) является формула расчета температуры компрессора:

$$t_i = \frac{P}{k_{то} \cdot S}$$

Общее решение дополнительного уравнения:

$$\frac{\partial t_2}{\partial\tau} + \frac{k_{то} \cdot S}{C} \cdot t_2 = 0$$

является:

$$t_2 = A \cdot e^{\tau/T}$$

где A — постоянная интегрирования, определяемая условиями задач.

Величина

$$T = \frac{C}{k_{\text{то}} \cdot S}$$

равная отношению полной теплоемкости C тела к его теплоотдающей способности $k_{\text{то}} \cdot S$, называется постоянной времени нагрева.

Общим решением уравнения (5) является зависимость:

$$t = t_i + t_2 = \frac{P}{k_{\text{то}} \cdot S} + A \cdot e^{\frac{\tau}{T}} \quad (6)$$

Для определения постоянной A используется следующее условие:

при $\tau = 0$ и $t=0$:

$$0 = \frac{P}{k_{\text{то}} \cdot S} + A$$

откуда:

$$A = - \frac{P}{k_{\text{то}} \cdot S} .$$

Подставляя полученное выражение для A в (6), будем иметь:

$$t = \frac{P}{k_{\text{то}} \cdot S} + (1 - e^{\tau/T}) .$$

Из последнего выражения видно, что при $\tau \rightarrow \infty$

$$t_{\text{уст}} = \frac{P}{k_{\text{то}} \cdot S} .$$

Из полученного выражения следует, что

$$\frac{t}{t_{\text{уст}}} = 1 - e^{\tau/T} .$$

Таким образом, $t_{\text{уст}}$ равно установившемуся превышению температуры, когда выделяемая мощность P становится численно равной мощности, отдаваемой в окружающую среду с поверхности нагретого тела ($k_{\text{то}} \cdot S \cdot t_{\text{уст}}$). Если в момент включения ТН компрессор имел начальное превышение температуры $t_{\text{нач}}$, то при определении постоянной A необходимо учесть $\tau = 0$; $t = t_{\text{нач}}$.

Из (6) следует:

$$t_{\text{уст}} = \frac{P}{k_{\text{то}} \cdot S} + A$$

откуда

$$A = t_{\text{уст}} - \frac{P}{k_{\text{то}} \cdot S}$$

Общее решение уравнения (5) будет:

$$t = t_{\text{уст}} \cdot e^{-\tau/T} + \frac{P}{k_{\text{то}} \cdot S} \cdot (1 - e^{-\tau/T}) \quad (7)$$

или

$$t = t_{\text{нач}} \cdot e^{-\tau/T} + t_{\text{уст}} \cdot (1 - e^{-\tau/T}) \quad (8)$$

где: при $\tau = \infty$; $t = t_{\text{уст}}$

Для пользования формулами (7 и 8) необходимо знать коэффициент теплоотдачи $k_{\text{то}}$.

Как было отмечено выше, при исследовании охлаждения компрессора в нашем случае необходим отдельный учет отдачи тепла с поверхности компрессора конвекцией и излучением. Для расчета отдачи тепла конвекцией широкое применение получили результаты теории подобия, на основании которой получены эффективные методы обобщения опытных данных [11]. При расчете отдачи тепла с поверхности нагретых тел окружающей среде отдельно конвекцией и излучением вводится понятие о коэффициентах теплоотдачи конвекцией $k_{\text{то.к}}$ и лучеиспусканием $k_{\text{то.из}}$. Исходя из выражения (7), имеем:

$$P = P_k + P_{\text{из}} = (k_{\text{то.к}} + k_{\text{то.из}}) \cdot S \cdot t, \quad (9)$$

где P_k и $P_{\text{из}}$ – мощность, отдаваемая конвекцией и излучением соответственно;

$k_{\text{то.к}} + k_{\text{то.из}} = k_{\text{то}}$. Здесь $k_{\text{то}}$ – суммарный коэффициент теплоотдачи в формуле (4).

Важным параметром является мощность внутреннего источника нагрева или мощность нагревающая компрессор (P). Данный параметр можно определить через КПД (η_k) компрессора. Если η_k показывает полезную мощность, то $(1 - \eta_k)$ показывает потери, которые нагревают корпус компрессора. Тогда:

$$P = N \cdot (1 - \eta_k) \quad (10)$$

где N – мощность компрессора.

В отношении компрессора – мощность, это произведение производительности по газу на работу по его сжатию. Такую мощность называют теоретической и рассчитывают по формуле [12]:

$$N_e = (Q \cdot \rho \cdot R) / 1000$$

где: N_e – теоретическая мощность, кВт; Q – производительность, м³/мин; ρ – плотность газа, кг/м³; R – теоретическая работа сжатия газа, Дж/кг.

Однако известно, что теоретическая мощность не совпадает с мощностью, которую требуется подвести к компрессору для его работы, и с мощностью, которую должен вырабатывать двигатель, подключаемый к компрессору. Связано это с явлением потери мощности, что численно описывается набором коэффициентов полезного действия. Осуществляемый в компрессоре процесс сжатия обладает своим показателем КПД (в зависимости от типа процесса), а также в компрессоре часть подводимой мощности теряется при механической передаче. В связи с этим необходимо воспользоваться эффективной мощностью (мощностью на валу), связанной с теоретической мощностью следующей формулой:

$$N_э = N_e / \eta_m \cdot \eta_{пр}$$

где: $N_э$ – эффективная мощность, кВт; η_m – механический КПД компрессора; $\eta_{пр}$ – КПД процесса сжатия газа.

Если рассматривать компрессорную установку, оснащенную также двигателем и передачей, то в ней будут наблюдаться дополнительные потери мощности, отражаемые двумя КПД η_d и $\eta_{пер}$, соответственно. Тогда мощность, которую необходимо подвести к двигателю компрессорной установки для ее работы, будет равна:

$$N_d = N_э / \eta_d \cdot \eta_{пер}$$

где: N_d – мощность двигателя компрессорной установки, кВт; η_d – КПД двигателя; $\eta_{пер}$ – КПД механической передачи.

Учет КПД всех элементов компрессорной установки крайне важен. Один и тот же двигатель может оказаться неподходящим для одной и той же задачи по сжатию газа, если она будет осуществляться компрессорами разного типа, поскольку их КПД могут сильно отличаться. Мощности, идущей непосредственно на сжатие газа, может попросту не хватить вследствие больших потерь. К примеру, в среднем КПД винтовых компрессоров составляет 95%, в то время как у поршневых компрессоров эта величина оказывается ближе к 80%, то есть разница в эффективности использования подводимой мощности может составлять 10-15% в пользу винтового устройства.

Выводы. Обосновано новое техническое решение теплового насоса. В предложенном устройстве устранен ряд принципиальных недостатков присущих известным аналогам. За счет нового подхода к компоновке и размещению основных элементов друг относительно друга, достигнуто саморегулируемое охлаждение компрессора путем поглощения его избыточного тепла испарителем. Для этого, компрессор помещен во внутреннее пространство теплообменника испарите-

ля изготовленного в виде кольцеобразной емкости. Также, решение позволило улучшить массогабаритные показатели теплового насоса. Выполнен теоретический анализ работы теплового насоса совместно с гелиоколлектором. Подтверждено, что работа гелиоколлектора через тепловой насос существенно повышает его теплопроизводительность. Эффект достигается за счет совместного поглощения энергии прямого солнечного излучения и тепла из окружающего воздуха. Резервом дополнительного повышения теплопроизводительности может быть применение прозрачной поглощающей панели, пропускающей поток прямого и рассеянного солнечного излучения непосредственно к теплоносителю.

Проведены теоретические исследования процесса нагрева компрессора. Подтверждено, что температура компрессора может быть стабилизирована на заданном уровне путем охлаждения испарителем, без применения охлаждающего вентилятора. Эффект достигается за счет интенсификации теплоотдачи с поверхности компрессора.

Список литературы

1 Конференция по климату в Париже (2015), [Электронный ресурс]: <https://ru.wikipedia.org>., [Konferentsiya po klimatu v Parizhe (2015), [Elektronnyj resurs]: <https://ru.wikipedia.org>]

2 Концепция проекта ЭКСПО-2017, [Электронный ресурс]: <http://expo2017astana.com/future-energy/zamyisel-proekta>, [Kontseptsiya proekta ENKSP0-2017. <http://expo2017astana.com/future-energy/zamyisel-proekta>]

3 *Jacobson M.Z., Delucchi M.A.* Providing all global energy with wind, water, and solar power, *Energy Policy*. Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. Volume 39, Issue 3, March 2011, Pages 1154–1169, [Электронный ресурс]: <https://web.stanford.edu.pdf>.

4 Закон Республики Казахстан. Об энергосбережении и повышении энергоэффективности: утв. 13 января 2012 года, №541-IV], [Zakon Respubliki Kazakhstan. Ob ehnergoberezenii i povyshenii ehnergoehffektivnosti: utv. 13 yanvarya 2012 goda, №541-IV].]

5 Указ Президента Республики Казахстан. О Концепции по переходу Республики Казахстан к зеленой экономике: утв. 30 мая 2013 г., №577., [Ukaz Prezidenta Respubliki Kazakhstan. O Kontseptsii po perekhodu Respubliki Kazakhstan k zelenoj ehkonomike: utv. 30 maya 2013 g., №577..]

6 Инновационный патент РК 30004, Тепловой насос, МПК F24D 3/08. опубл. 15.06.2015, Бюл. №2. –3 с., [Innovatsionnyj patent RK 30004, Teplovoj nasos, МПК F24D 3/08. opubl. 15.06.2015, Byul. №2. –3 с.,]

7 *Demessova, S., Omarov, R.*, Results of experimental studies of a heat pump with compressor self-cooling // *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 2020, 10(1), IJMPERDFEB202015,

с. 175-184., [Электронный ресурс]: <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100814505&tip=sid&clean>

8 *Omarov R., Stoyanov, I., Demessova, S.*, Experimental studies of a heat pump with microprocessor control on an animal farm // *International Journal of Applied Engineering Research*, 2017, 12(24), с. 14259-14267.

9 Отчет по НИР за 2017 г., МРНТИ 44.37, № гос.рег. 0115PK02200. инв. №0216PK00848; программа 055 «Научная и/или научно-техническая деятельность», подпрограмма 101 «Грантовое финансирование научных исследований» по проекту: «Разработка инновационного теплового насоса для «зеленой» низкоуглеродной экономики с микропроцессорным управлением» (заключительный)., [Отчет по НИР за 2017 г., МРНТИ 44.37, № гос.рег. 0115RK02200. inv. №0216RK00848; программа 055 «Nauchnaya i/ili nauchno-tekhnicheskaya deyatel'nost'», podprogramma 101 «Grantovoe finansirovanie nauchnykh issledovanij» po proektu: «Razrabotka innovatsionnogo teplovogo nasosa dlya «zelenoj» nizkouglerodnoj ehkonomiki s mikroprotsessornym upravleniem» (zaklyuchitel'nyj).,]

10 Процесс нагрева тела от внутренних источников тепла, [Электронный ресурс]: <https://electrono.ru/elektrotexnicheskaya-apparatura/process-nagrevatela-vnutrennix-istochnikov-tepla.>, [Protsess nagreva tela ot vnutrennix istochnikov tepla, [Ehlektronnyj resurs]: <https://electrono.ru/elektrotexnicheskaya-apparatura/process-nagreva-tela-ot-vnutrennix-istochnikov-tepla>]

11 Основные характеристики компрессора. Производительность компрессора. Мощность компрессора, [Электронный ресурс]: https://intech-gmbh.ru/compr_main_parameters., [Osnovnye kharakteristiki kompressora. Proizvoditel'nost' kompressora. Moshhnost' kompressora, [Ehlektronnyj resurs]: https://intech-gmbh.ru/compr_main_parameters]

СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

МРНТИ 68.85.29

*Б.Н. Нуралин¹, С.В. Олейников¹, Ш. Ж. Махмудова¹,
М.С. Галиев¹, А.Ж. Нуралин¹*

¹Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана,
г. Уральск, Казахстан

ПЛУЖНЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН ПОВОРОТНОГО ПЛУГА ДЛЯ ГЛАДКОЙ ВСПАШКИ

Аннотация. Серийные отвальные рабочие органы выполняют оборот пласта только в одну сторону и обеспечивают загонную вспашку с образованием свальных гребней и развальных борозд, клиньев, что снижает качество обработки почвы. Гладкая вспашка оборотными и поворотными плугами тоже осуществляются рабочими органами с использованием лево- правооборачивающих серийных отвалов, установленные на одном или на двух отдельных стойках, что повышают металлоемкость конструкции и тяговое сопротивление орудия. Поворотный плуг поворотными рабочими органами с использованием симметричного лево- правооборачивающего ромбовидного отвала, установленного на одной стойке, имеет снижение удельной металлоемкости в 1,6 раза, повышение производительности до 15...20% по сравнению плугами с серийными отвалами за счет сокращения длины холостых ходов и снижения тягового сопротивления агрегата, и обеспечивает качественную гладкую вспашку при наименьших энергозатратах. Гладкая вспашка с выровненной поверхностью создает более благоприятные условия для роста урожайности возделываемых растений на 5...10% и работы машин, выполняющих следующие за вспашкой технологические операции.

Ключевые слова: серийный плужный отвал, симметричный ромбовидный отвал, поворотный плуг, поворотный рабочий орган, загонная и гладкая вспашки.

• • •

Түйіндеме. Сериялық қайырмалы жұмыс органдары қабат айналымын тек бір бағытта орындайды және айдау әдісімен жер жыртуда құлаған жоталар мен жыралардың, сыналардың пайда болуын туғызып, топырақты өңдеудің сапасын төмендетеді. Тегіс жер жырту жұмыс органдары бір немесе екі бөлек тіректерде солға және оңға аударушы сериялық қайырмалардан тұратын айналымы және бұрылмалы соқалармен орындалады. Бұл құрылымның металл сыйымдылығын және құралдың тарту кедергісін арттырады. Бұрылмалы соқада бір тіректе орнатылған симметриялы солға – оңға аударушы ромб тәрізді қайырмасы бар бұрылмалы жұмыс органдарын пайдалану қондырғының меншікті металл сыйымдылығын 1,6 есе төмендетеді, бос жүрістер-

дің ұзындығын қысқарту және қондырғының тарту кедергісін азайту арқылы сериялық қайырмалары бар соқалармен салыстырғанда өнімділікті 15...20% дейін арттырады. Ең аз энергия шығынында сапалы тегіс жер жыртуды қамтамасыз етеді. Тегістелген беті бар тегіс жер жырту өсірілетін өсімдіктердің шығымдылығын 5...10%-ға және жер жыртудан кейінгі технологиялық операцияларды орындайтын машиналар жұмыстарының өнімділігін арттыруға қолайлы жағдай жасайды.

Түйінді сөздер: сериялық соқалы қайырма, симметриялық ромб тәрізді қайырма, бұрылмалы соқа, бұрылмалы жұмыс органы, айдау және тегіс жырту.

• • •

Abstract. Serial moldboard working bodies rotate the seam only in one direction and provide driven plowing with the formation of dump ridges and breakaway furrows, wedges, which reduces the quality of soil cultivation. Flat tilling with swivel and reversible plows is also carried out by working bodies using left-hand-right-sided serial moldboards mounted on one or two separate stands, which increase the metal mass of the structure and the traction resistance of the implement. A swivel plow with rotary working bodies using a symmetrical left-right-turn rhomboid blade, mounted on one rack, has a 1.6 time decrease in specific metal mass, an increase in productivity up to 15 ... 20% compared to plows with serial dumps due to a reduction in the length of idle strokes and reducing the traction resistance of the unit, and provides high-quality flat plowing with the lowest energy consumption. Flat plowing with a leveled surface, which creates more favorable conditions for increasing the yield of cultivated plants by 5 ... 10% and the operation of machines that perform technological operations following plowing.

Keywords: serial plow blade, symmetrical rhomboid blade, rotary plow, rotary working body, driven and smooth plowing.

Введение. Новые требования к сельскохозяйственному производству, связанные с формированием рыночных отношений ставят в качестве первоочередной задачи переход на менее затратные технологии возделывания сельскохозяйственных культур при строгом соблюдении всех принципов природоохранного земледелия. В разработанных наукой методологических основах ресурсосбережения недостаточно полно отражены пути повышения эффективности машинно-технологического обеспечения ресурсосберегающих технологий обработки почвы в современных условиях. Пахотные агрегаты при обработке почвы используют загонные и челночные способы движения в загоне. Загонная вспашка выполняется серийными отвальными плугами с образованием свальных гребней и развальных борозд, клиньев, которые требуют дополнительные виды обработки. Такие плуги имеют низкую производительность из-за большого количества

холостого хода при переездах и тягового сопротивления рабочих органов.

Почвообрабатывающие машины с челночным способом движения обеспечивают гладкую вспашку с выровненной поверхностью, что создает более благоприятные условия для роста растений и работы машин, выполняющих следующие за вспашкой технологические операции. Урожайность возделываемых растений повышается на 5...10%, а производительность машин – на 10...15%. На гладковспашанных участках снижаются потери при уборке урожая [1-6].

Известны различные способы гладкой вспашки: а). без развальных борозд и свальных гребней; б). ярусная; в). скоростная. Ярусная вспашка с переставлением слоев почвы местами применяется для послышной обработки низкопродуктивных солонцов и солончаков, чтобы не выносить на поверхность нижний щелочной слой. Скоростная вспашка выполняется на скоростях выше 7 км/ч. при обработке ровных полей с длинными загонами специальными скоростными плугами, которые агрегируются энергонасыщенными тракторами. Поэтому эти виды плугов можно использовать только для отдельных случаев гладкой вспашки. Известны рациональные способы гладкой вспашки, в основу которых заложен оборот пласта в свою же борозду. На этой основе разработаны фронтальные плуги, в которых совместное взаимодействие двух рабочих органов (право- и левооборачивающих корпусов и заплужников) обеспечивают оборот пласта в собственную борозду. Основные недостатки: все корпуса плуга работают в условиях нераскрытой борозды, что повышает тяговое сопротивление корпуса более чем в 2 раза по сравнению с оборотом пласта в ранее подготовленную борозду; оборот пласта в свой след осуществляется в основном по винтовой рабочей поверхности отвала, который не обеспечивает требуемое крошение почвы; повышенная металлоемкость конструкции [7-10].

Гладкая вспашка оборотными и поворотными плугами осуществляется челночным способом без разбивки на загоны. В конце поля раму плуга поворачивают на определенные углы для перевода рабочих органов из положения левооборачивания в положение – правооборачивания. Оборотные плуги снабжены отдельными лево-правооборачивающими рабочими органами на двух стойках, а поворотные – лево-правооборачивающими отвалами, установленные на одной стойке, что повышает удельную металлоемкость конструкции плуга в 1,6...2 раза по сравнению с плугами для развально-свальной пахоты. На рабочих органах установлены отвалы от серийных плугов, которые имеют высокое тяговое сопротивление и низкую степень крошения [11-15].

Из анализа видно, что указанные недостатки этих плугов напрямую зависят от конструкции и параметров рабочих органов. Поэтому вопросы, связанные их совершенствованием, для повышения производительности и качества работы почвообрабатывающих машин при наименьших энергетических, являются актуальной проблемой.

Цель исследования – изыскания конструкции рабочего органа поворотного плуга, обеспечивающего эффективную гладкую вспашку при наименьших затратах.

Материал и методы исследования. Существующий машинно-тракторный агрегат имеет конкретные оптимальные параметры (ширина захвата B и рабочая скорость движения V), тесно связанные с мощностью двигателя. Основными эксплуатационными параметрами МТА, определяющими его технико-экономическую эффективность использования, являются производительность W и погектарный расход топлива $q_{га}$. В этих условиях очевидна постановка задачи по оптимизации производительности МТА (W), определение которой должны учитывать ограничение величины расхода топлива двигателя, что приводит к необходимости применения метода математического программирования. Применительно к процессу обработки почвы эта задача может быть сформулирована так: максимизировать производительность почвообрабатывающего агрегата при минимизации погектарного расхода топлива $q_{га}$. Учитывая, что при эксплуатации МТА возможно ограниченное изменение параметров B и V , связанные с настройкой почвообрабатывающего орудия, неоднородностью плотности почвы и длины загона, при решении поставленной задачи необходимо определить область допустимых значений этих параметров, при которых получится максимальная производительность пахотного агрегата W_{max} .

На параметры B и V накладываются следующие ограничения:

$$\begin{aligned} V > 0; \quad B > 0; \\ V \leq V_{max}; \quad B \leq B_{max} \end{aligned} \quad (1)$$

где V_{max} - максимальное значение скорости, допускаемое агротехническими требованиями; B_{max} - предельная ширина захвата по соображениям кинематики агрегата, изменений агротехнических показателей гребнистости и неравномерности глубины от копирования рельефа, тягового сопротивления.

В соответствии с постановкой задачи

$$\frac{G_T}{W} = \frac{G_T}{k \cdot B \cdot V} \leq q_{га} \quad (2)$$

где G_T – часовой расход топлива кг/ч.

Для решения задачи оптимизации необходимо предварительно выразить через управляемые параметры производительность агрегата W и погектарный расход топлива $q_{за}$. Значение целевой функции W через указанные управляемые (изменяемые) параметры выразится следующим образом:

$$W = 0.36 \cdot B \cdot V \cdot \tau, \quad (3)$$

где B - ширина захвата агрегата, м; V - скорость движения, м/с; τ - общий коэффициент использования времени смены.

Расчетная производительность агрегата отличается от фактической величины. При эксплуатации МТА фактическая ширина обработки почти равна ширине захвата плуга, а рабочая скорость близка к максимальному значению скорости, допускаемое агротехническими требованиями. В данное выражение производительности, кроме управляемых параметров, входит общий коэффициент использования времени смены « τ », в котором большой удельный вес имеет коэффициент использования времени движения « $\tau_{дв}$ ». Коэффициент использования времени движения « $\tau_{дв}$ » для мобильных агрегатов, как известно, выражается зависимостью:

$$\tau_{дв} = \frac{\alpha \cdot \varphi}{\varphi(\alpha - 1) + 1}, \quad (4)$$

где α - величина, определяющая соотношение скоростей на холостом

V_x и рабочем V_p ходу, $\alpha = \frac{V_x}{V_p}$; φ - коэффициент рабочих ходов,

$$\varphi = \frac{S_p}{S_p + S_x}.$$

Тогда

$$\tau_{дв} = \frac{V_x \cdot S_p}{V_x \cdot S_p + V_p \cdot S_x} \quad (5)$$

Из выражения видно, что коэффициент использования времени движения увеличивается с повышением длины рабочего хода и снижением холостого хода. Подставляя выражение (5) в формулу (3), получим развернутое выражение производительности почвообрабатывающего агрегата, выраженное через управляемые параметры V и B

$$W = \frac{0,36 \cdot B \cdot V_p \cdot V_x \cdot S_p}{V_x \cdot S_p + V_p \cdot S_x} \quad (6)$$

и расхода топлива на гектар выполненной работы

$$q_{за} = \frac{N_e \cdot q_e}{1000 \cdot W} = \frac{N_e \cdot q_e (V_x \cdot S_p + V_p \cdot S_x)}{360 \cdot B \cdot V_p \cdot V_x \cdot S_p} \quad (7)$$

Из графика видно (рисунок 1), что с увеличением длины рабочего хода, которая пропорциональна к длине загона, производительность увеличивается, а удельный расход топлива уменьшается. Это заметно происходит при длине гона до 500 м. Уменьшение длины гона приводит к увеличению количества или ширины загонов в поле, что тесно связано с увеличением длины холостых ходов агрегата на повороты и переезды в загонах.

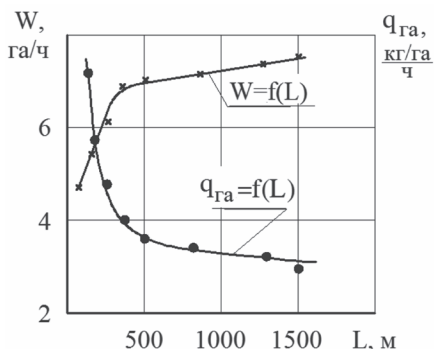


Рисунок 1 - Зависимость удельного расхода топлива и производительности агрегата от длины гона

Общая длина холостого хода [16]: беспетлевого (загонный способ движения)

$$S_{хб} = \left(\frac{C}{B} - 1\right) \cdot (1.4 \cdot R_0 + x) = \left(\frac{C}{B} - 1\right) \cdot \left[0.5 \cdot C - \frac{R_0(1.4 - 2 \cdot B)}{(C - B)}\right] \quad (8)$$

где C – ширина участка, м; B – ширина захвата агрегата, м; R₀ – радиус поворота, м; x – средняя длина участка, м; $x = 0,5 \cdot C - 2 \cdot R_0 \cdot B / (C - B)$.

петлевого (челночный способ движения)

$$S_{xn} = \frac{C}{B} \cdot 6,6 \cdot R_0 \quad (9)$$

На рисунке 2 показаны изменения длины холостых ходов от ширины загона на примере обработки поля с площадью 200 га.

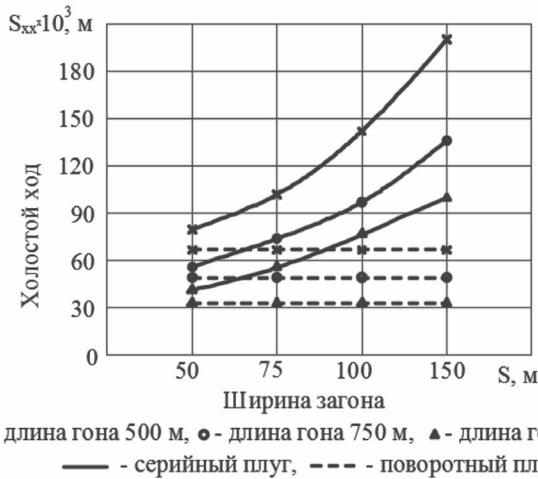


Рисунок 2 – График изменения длины холостого от ширины и длины загона

Для плугов с серийными рабочими органами длина холостых ходов уменьшается с увеличением длины гона, а с увеличением ширины загона резко увеличивается. Наиболее оптимальными является ширина загона в пределах 50...60 м. Для поворотных плугов ширина загона не влияет на длину холостых. В современных сельскохозяйственных кооперативах размеры полей под зерновые культуры равны до 200 га, а под овощные культуры до 50 га. В этих условиях длина загона не превышает 500 м и использование плугов с серийными рабочими органами экономически не эффективно.

Результаты исследования. На основании теоретических и экспериментальных исследований была обоснована рабочая поверхность отвала для поворотного плуга [16,17]: симметричный ромбовидный лево - правооборачивающий отвал, обеспечивающий челночный способ движения агрегата.

При разработке рабочего органа параметры определялись исходя из следующих соображений:

1. Ширина захвата корпуса принята стандартной – 35 см;
2. Поворот корпуса осуществляется в вертикальной плоскости;
3. Рабочий орган должен быть симметричным относительно плоскости, проходящей через ось вращения перпендикулярно к режущей кромке лемеха;
4. Крыло отвала должно быть развитым, чтобы осуществлялся оборот пласта.

Разработанный корпус рабочего органа плуга (рисунок 3) содержит: башмак 1 с ложементом под лемех 5 и двумя привальными поверхностями под полевые доски 12; криволинейную стойку 2 треугольного равнопрочного сечения, полую внутри, на большей части с приваренным к ней ложементом 3 для крепления отвала 4. Стойка в верхней части имеет цилиндрическое сечение, позволяющее осуществлять поворот корпуса в стакане 7, приваренном к рабочему брусу плуга 10. Поворот корпуса совместно со стойкой осуществляется с помощью кривошипа 8, закрепленном на стойке с помощью болтового соединения 9. Одновременно кривошип 8 и упорное кольцо 6 предотвращают перемещение стойки относительно рабочего бруса в вертикальном направлении. Для усиления жесткости рабочего бруса в районе места установки рабочего органа, с обеих сторон рабочего бруса предусмотрены усиливающие пластины 11.

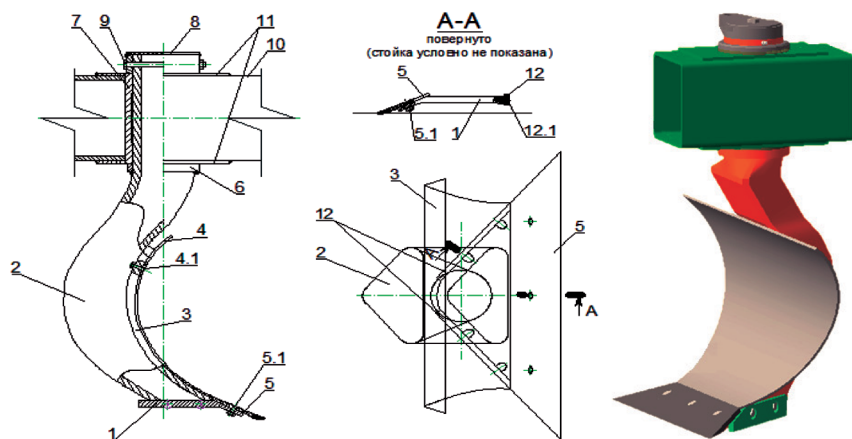


Рисунок 3 - Симметричный ромбовидный корпус рабочего органа поворотного плуга

Крепление лемеха к ложементу осуществляется штатными тремя плужными болтами 5.1, а крепление отвала – четырьмя, тоже штатными, болтами 4.1. Углы постановки лемеха сохранены близкими к углам, соответствующим скоростному корпусу ПЛЖ-31, т.е. угол постановки лемеха ко дну борозды - 25° , к стенке борозды - 40° . Стабилизацию рабочего органа в поперечном по ходу движения плуга направлении осуществляют полевые доски 12, крепящиеся к башмаку рабочего органа с помощью двух болтов 12.1. Корпус (башмак) рабочего органа имеет

вид равнобедренного треугольника с углом при вершине 100° . К его наибольшей стороне, с отогнутым на 25° ложементом, прикрепляется лемех, а к меньшим двум боковым сторонам - полевые доски. Отвал имеет симметричную форму, относительно продольной оси стойки, полевой и бороздной обреза которого, попеременно меняются местами в зависимости от того, в право- или левооборачивающем режиме работает орудие с данными рабочими органами.

Первый корпус в лево- и правооборачивающем режиме идет с незначительным ($15\dots 20$ мм) перекрытием. В этом случае, угол поворота рабочего бруса 1 составит $70^\circ (\pm 35^\circ)$, а поворот стоек рабочих органов 2 относительно рабочего бруса – $24^\circ (\pm 12^\circ)$. Поворот рабочего бруса осуществляется гидроцилиндром 3 через кривошип 4, а рабочих органов – гидроцилиндром 5 через кривошпы 6 посредством рейки 7 (рисунок 4).

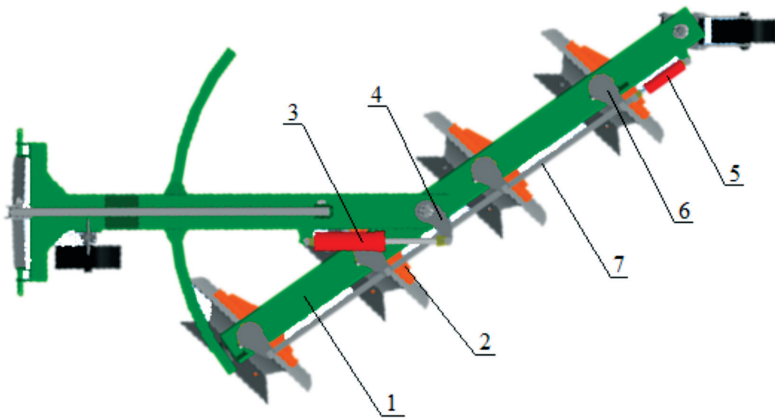


Рисунок 4 – Схема расположения рабочих органов на раме поворотного плуга

Общий угол поворота рабочих органов составляет 94° , из которых на 70° они поворачиваются совместно с основным рабочим брусом, и на $\pm 12^\circ$ поворачиваются относительно оси основного рабочего бруса. Новизна конструкций рабочего органа защищена патентом на полезную модель [18].

Заключение. Симметричный ромбовидный рабочий орган обладает следующими достоинствами: тяговое сопротивление на $15\pm 20\%$ меньше, нежели у обычного, отрезающего пласт почвы прямоугольного сечения; форма борозды наиболее полно соответствует форме

задних колес трактора, что снижает сопротивление перекачивания и уплотнения ранее вспаханного поля; крыло отвала и его полевой обрез представляют собой единое целое, что позволяет обеспечивать оборот пласта в право - и левооборачивающих режимах и челночный способ движения, повышая производительность на 20% и сокращая поектарный расход топлива агрегата на 25-30%.

Список литературы

1 Celik A, Boydas MG, Altikat S. 2011. A comparison of an experimental plow with a mold-board and a disk plow on the soil physical properties. *Appl Eng Agric.* 27(2):185-192.

2 Gilewicz K, Turski A, Mendzelewski W. 1981. Analyse of the effectiveness of rhombic plow-wing. *Maszyny i Ciggniki Rolnicze.* 11-12:5-7. (In Polish).

3 Lal R. 2009. The plow and agricultural sustainability. *J Sustainable Agric.* 33(1):66-84.

4 Moreland S, Skonieczny K, Wettergreen D, Creager C, Asnani V. 2011. Soil motion analysis system for examining wheel-soil shearing. In proceeding of the 17th International Conference of the International Society for Terrain-Vehicle Systems, Blacksburg, Virginia USA, pp. 361-377.

5 Wegener K. 2015. *Ploughing.* In: *Laperriere L, Reinhart G, editor. The International Academy for Production Engineering, CIRP Encyclopedia of Production Engineering.* Berlin: Springer; p.1-7.

6 Нуралин Б.Н. Современная тенденция развития конструкции отвальных плугов/С. В. Олейников, М. С. Галиев // Журнал «Новости науки Казахстана». – Алматы, №2, 2020. – С. 103-113., [Nuralin B.N. Sovremennaya tendentsiya razvitiya konstruksii otval'nykh plugov/S. V. Olejnikov, M. S. Galiev // ZHurnal «Novosti nauki Kazakhstana». – Almaty, №2, 2020. – S. 103-113.]

7 Думай Л.Б. Машины и орудия для основной обработки почвы/ Л.Б. Думай и др.// Тракторы и сельхозмашины, 1991, №4. – С. 5-6., [Dumaj L.B. Mashiny i orudiya dlya osnovnoj obrabotki pochvy/ L.B. Dumaj i dr.// Traktory i sel'khoz mashiny, 1991, №4. – S. 5-6.,]

8 Патент №2063667 (BY). Корпус плуга/ Казакевич П.П., Пилецкий А.З., Тоцицкий А.А. и др. – Опубл. 20.07.1996., [Patent №2063667 (BY). Korpus pluga/ Kazakevich P.P., Piletskij A.Z., Tochitskij A.A. i dr. – Opubl. 20.07.1996.,]

9 Патент №2317666 (RU). «Универсальный рабочий орган почвообрабатывающего орудия» Бойков В. М., Бойкова Е. В., Павлов А. В. – Опубл. 27.02.2008., [Patent №2317666 (RU). «Universal'nyj rabochij organ pochvoobrabatyvayushhego orudiya» Wojkov V. M., Wojkova E. V., Pavlov A. V. – Opubl. 27.02.2008]

10 Патент №93616 (RU). «Рабочий орган почвообрабатывающего орудия»

дия» Бойков В. М., Бойкова Е. В., Петров В. А. – Оpubл. 2010.05.10., [Patent №93616 (RU). «Rabochij organ pochvoobrabatyvayushhego orudiya» Bojkov V. M., Bojkova E. V., Petrov V. A. – Opubl. 2010.05.10.,]

11 *Nagy M, Cota C, Fechet L.* 2011. Modeling the geometric parameters of the equipment explants 500 active body for soil processing. In international symposium. Agricultural Engineering (pp. 69 - 72). Bucharest, Romania.

12 *Oluwajobi A, Chen X.* 2012. The effect of the variation of tool end geometry. On material removal mechanisms. In Nan machining Conference: 13th International Conference on Tools (p. 71-76). Miskolc, Hungary.

13 *Ruhm E, Wasseleer G, Wassler H, Schatz G.* 1978. The trapezoid plow pro and contra. Agrar Ubersicht. 29(11):708-711. (In German).

14 *Zhu LL, Ge JR, Cheng X, Peng SS, Qi YY, Zhang WW, Zhu DQ.* 2017. Modeling of share/soil interaction of a horizontally reversible plow using computational fluid dynamics. J Terramech. 72:1-8.

15 Патент №2490844 (RU). Плужный корпус/ Тырнов Ю. А., Балашов А. В., Белогорский В. П., Марнов С. В. – Оpubл. 27.08.2013., [Patent №2490844 (RU). Pluzhnyj korpus/ Tyrnov YU. A., Balashov A. V., Belogorskij V. P., Marnov S. V. – Opubl. 27.08.2013.,]

16 *Веденяпин Г. В.* Эксплуатация машино - тракторного парка/ Г. В. Веденяпин, Ю.К. Киртбая, М.П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 343с., [Vedenyapin G. V. ENkspluatatsiya mashino - traktornogo parka/ G. V. Vedenyapin, YU.K. Kirtbaya, M.P. Sergeev. – M.: Kolos, 1968. – 343s.,]

17 *Нуралин Б.Н.* Обоснование формы и параметров ромбовидного рабочего органа поворотного плуга для гладкой вспашки/ Б.Н. Нуралин, С.В. Олейников, А.Ж. Мур -загалиев // Журнал «Новости науки Казахстана». - Алматы, №2, 2016. - С.186-195., [Nuralin B.N. Obosnovanie formy i parametrov rombovidnogo rabocheho organa povorotnogo pluga dlya gladkoj vspashki/ B.N. Nuralin, S.V. Olejnikov, A.ZH. Mur -zagaliev // ZHurnal «Novosti nauki Kazakhstana». - Almaty, №2, 2016. - S.186-195.,]

18 Патент на полезную модель №5143 (KZ). Рабочий орган к поворотному плугу для основной обработки почвы / Нуралин Б.Н., Константинов М.М., Олейников С.В., Галиев М., Нуралин А.Ж. и др.// Оpubл. 10.07.2020г. Бюл. № 27., [Patent na poleznuyu model' №5143 (KZ). Rabochij organ k povorotnomu plugu dlya osnovnoj obrabotki pochvy / Nuralin B.N., Konstantinov M.M., Olejnikov S.V., Galiev M., Nuralin A.ZH. i dr.// Opubl. 10.07.2020g. Byul. № 27]

Нуралин Б.Н., доктор технических наук, e-mail: bnuralin@mail.ru

Олейников С.В., кандидат технических наук, e-mail: oleinikov@mail.ru

Махмудова Ш.Ж., кандидат физико-математических наук,
e-mail: cmb-zko@mail.ru

Галиев М.С., докторант PhD, e-mail: manarbek-1980@mail.ru

Нуралин А.Ж., ст. Преподаватель, e-mail: nuralin.76 @mail.ru

Ж. Рахымжан¹, Ж.Б. Текебаева², Р.Р. Бейсенова¹

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

²Микроорганизмдердің республикалық коллекциясы,
Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

АҚСОРА (*SUAEDA SALSA PALL*) ТҰҚЫМЫНЫҢ ӨНУИНЕ ТҰЗДЫ СТРЕСТИҢ ӘСЕРІ

Түйіндеме. Ақсора (*Suaeda salsa Pall*) тұқымдарын тұз ертінділерінің (топырақ сығындысы, Na_2SO_4 және NaCl) әр түрлі концентрациясында – 0; 0,6; 1,2; 1,8; 2,8; 3,6 г/100 мл өңдеу. Тұзды стресс жағдайында өніп шыққан тұқымның тұзға реакциясын бақылау, оны өсірудің және пайдаланудың теориялық негізін қамтамасыз ету. Эксперимент нәтижелері көрсеткендей, Ақсора тұқымдарының өнуі тұзды топырақты жерлерге қатты бейімделген, жоғары тұз стресіне төтеп бере алады. Оның тұқымның өнуіне стрестің әсері NaCl > топырақ сығындысы > Na_2SO_4 болғандығы байқалған. Тұз концентрациясының жоғарлауына байланысты тұқымның өнгіштік көрсеткіші, керісінше, ұқсамаған дәрежеде төмендегені байқалған. Ақсора тұқымдарының тұздардың әр түрлі концентрациясының стрестеріне әр түрлі жауап беретіндігі анықталған. **Түйінді сөздер:** тұзды топырақ, галофитті өсімдіктер, өнгіштік көрсеткіші, тұз концентрациясы, Ақсора, топырақ сығындысы.

• • •

Аннотация. Проведена обработка семян Сведы солончаковая (*Suaeda salsa Pall*) в различных концентрациях солевых растворов (почвенный экстракт, Na_2SO_4 и NaCl) - 0; 0,6; 1,2; 1,8; 2,8; 3,6 г/100 мл. Мониторинг реакции проросших семян на соль при физиологическом давлении дает теоретическую основу для ее выращивания и использования. Результаты эксперимента показали, что семена Сведы солончаковая хорошо адаптированы к засоленным почвам и при прорастании способны выдержать высокий солевой стресс. Было замечено, что влияние солевого стресса на прорастание семян было следующим NaCl > почвенный экстракт > Na_2SO_4 . Вследствие увеличения концентрации соли всхожесть семян, наоборот, значительно снизилась. Было обнаружено, что семена Сведы солончаковая по-разному реагируют на разные стрессовые концентрации солей.

Ключевые слова: засоленные почвы, галофиты, всхожесть, концентрация солей, Сведы солончаковая, почвенный экстракт.

• • •

Abstract. Processing of seeds of Aksora (*Suaeda salsa Pall.*), in different concentrations of salt solutions (soil extract, Na_2SO_4 and NaCl) – 0; 0,6; 1,2; 1,8; 2,8; 3,6 g/100 ml. Monitoring of germinated seeds reaction to salt under saline

pressure provides a theoretical basis for its cultivation and use. The experiment results show that Aksora seeds germination is highly adapted to saline soils and can withstand high salinity stress. It was observed that the effect of stress on seed germination was $\text{NaCl} > \text{soil extract} > \text{Na}_2\text{SO}_4$. Due to the increase in salt concentration, the germination rate of seeds, on the contrary, decreased significantly. Aksora seeds have been found to respond differently to stresses at different salt concentrations.

Keywords: Saline soils, halophytes, germination rate, salt concentration, Aksora, soil extract.

Кіріспе. Топырақтағы немесе судағы тұздылық мөлшері өсімдіктердің өсуін едәуір шектейтін стрестердің бірі болып табылады [1]. Бүкіл әлемде өңделген жерлердің 20%-дан астамы тұздың жиналуынан зардап шексе, бұл көрсеткіш 2050 жылға қарай 50% дейін өсетіндігі адамзатты алаңдатады [2]. Тұздылық тұқымның өнуін нашарлатады, өсімдіктердің дамуын тежейді және дақылдардың өнімділігін төмендетеді [3]. Нәтижесінде, азық-түлік өнімдері мен жем-шөптердің тұрақтылығына деген көзқарас галофитті өсімдіктерге деген қызығушылықты арттырды.

Галофиттер табиғи түрде дамиды өсімдіктерге жатады, олар жер үсті өсімдік түрлерінің 2%-н құрайды [4]. Қазіргі таңда галофиттер коммерциялық мақсатта кеңінен қолданылуда. Оның ішінде тамақ және жем-шөптердің көзі ретінде, сонымен қатар адам үшін хош иісті, косметикалық және тағамдық қосылыстар үшін зерттелуде [5]. Галофиттер – жоғары тұз концентрациясында өсіп, дами алатын, гүлдейтін, тұзды стресске бейімділігі жоғары, экологиялық зардаппен, әсіресе, тұздылықтың артуымен күресе алатын өсімдіктер тобы [6]. Сонымен қатар, галофиттер өз ұлпаларына көп мөлшерде тұз жинап, топырақтағы тұздың мөлшерін азайтатын маңызды функциялық қасиетке ие.

Ақсора – *Amaranthaceae* тұқымдасына жататын галофиттердің туыстары Ақсорадан басқа, оның бірнеше түрлері белгілі, мысалы: *S. acuminata*, *S. aegyptiaca*, *S. arcuata*, *S. argentinensis*, *S. australis*, *S. baccifera*. Бұл өсімдіктер тұзды немесе сілтілі топырақта жақсы өседі, мысалы: жағалаудағы тұзды жазықтар мен шөгінді сулы-батпақты жерлерде. Олар тұз көп жиналған жерлерде өсуге бейімделген (галофильді өсімдіктер). Ақсора (*Suaeda salsa* Pall) 500 мМ-ге дейін тұздылыққа төзімді екендігі дәлелденген [8]. Сонымен бірге ол шөлейт жерлерді, тұзды теңіздерді және теңіз жағалауларын қалпына келтіруде маңызды кілт болып саналады [7]. Ақсора әдетте (*Suaeda salsa* Pall) жеуге болатын және жеуге болмайтын мақсаттар үшін қолданылады. Өсімдік сабағының ұшындағы бөліктері салаттарға жұмсалады немесе тұздалған сусындарға, сір-

ке суына өңделеді [9]. Екінші жағынан, бұл өсімдіктерден сабын жасауға және соданың (натрий карбонаты) көзі ретінде пайдалануға болады. Бұл бірнеше ғасырлар бойы кең таралған тәжірибе болып саналды [10].

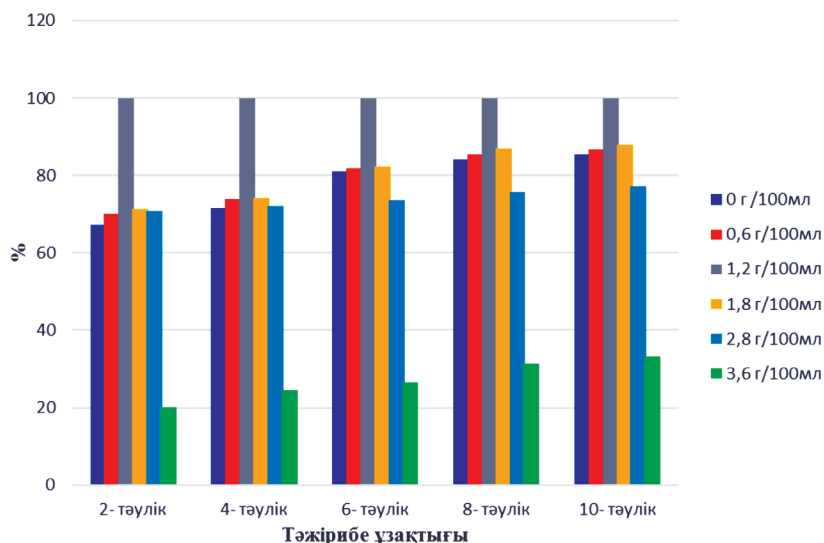
Ақсораның кейбір түрлері (мысалы, *S. salsa*) био отын өндірісі, мал бордақылау және тұз бен май алу үшін коммерциялық ауқымда өсіріледі [11]. Жақында жүргізілген зерттеулер Ақсораның кейбір түрлерінің мырыш пен мыстың био-индикаторлары ретінде қолдануға болатындығын көрсетті [12]. Сонымен қатар, Ақсора өсімдігі тұқымының емдік және тағамдық қасиеттері оған деген қызығушылықтың артуына ықпал етті [13, 14]. Бұл өсімдіктердің пайдалану көлемі кең болғанымен, галофиттерді мәдени өсімдіктер ретінде пайдалану қандай да бір кедергілерге байланысты әлі де шектеліп отыр. Олардың қатарына топырақты қопсыту және тұқымның біркелкі өнбеуі жатады. Шын мәнінде, галофиттердің кейбір түрлері кемелді бұта кезінде тұзға төзімді болғанымен, тұқымның өнуі кезінде тұздылыққа төзімді экотипті кері реакцияға ұшырайды [15,16]. Әдетте тұқымның өнгіштігі таза суда жоғары болады және тұздылық жоғарылаған сайын өнгіштігі төмендейді, бірақ кейбір түрлерде аз мөлшерде тұз концентрациясы тұқымның өнуін ынталандыруы мүмкін [17]. Көбінесе, жаңбырлы кезеңдерден кейін топырақтың тұздылық деңгейі төмендеген кезде тұқымның өнгіштігі жоғары болады және тұздың өсімдік тұқымын стрестеу қаупі азаяды [18]. Сондықтан, Қазақстанның кейбір сор және сортаң жерлерінде Ақсора өсіруді ынталандыру мақсатында, тұқымның өнгіштігін одан әрі зерттеу қажет. Осы тұрғыдан алғанда, тұзға төзімділікті бағалау үшін неғұрлым қолайлы элементтерді анықтау, олардың өнімділігі мен сенімділігін бағалау, әр түрлі индекстер арқылы Ақсора тұқымының өнгіштігін анықтау үшін зерттеулер жүргізілді.

Зерттеу нысандары мен әдістері. Сынақ материалдары 2019 жылдың қыркүйек айының соңында Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы тұзды топырақтан жиналған толық және жетілген Ақсора өсімдігінің тұқымдары болып, эксперимент Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті «Қоршаған ортаны қорғауды басқару және инжиниринг» кафедрасының зертханасында жасалды. Жарықтың түсуі 12 сағ/күн, температура 25° (күндіз)/15°С (түн), салыстырмалы ылғалдылығы 75%-80% болуы бақыланып отырылады. Сынақ жасалатын негізгі тұздар: NaCl, Na₂SO₄ және Павлодар облысы Маралды көлі маңынан алынған топырақ сығындысы (алынған 10 грамм топырақ сынамасындағы негізгі элементтердің үлесі Cl - 0,679%, K - 3,375%, Ca - 2,326%, Fe- 8,819%. Стрестік әсер етуші тұздардың концентрациясы: 0; 0,6; 1,2; 1,8; 2,8; 3,6 г/100мл. Эксперимент жасау үшін таңдап алынған өсімдік тұқымдары 10% сутегі тотығымен (H₂O₂) 10 минут зарарсыздандырылады, 10 минуттан соң тұқымдар дистилден-

ген сумен бірнеше рет шайылады. Тазартылған тұқымдар сүзгі қағазда кептіріледі. Бұл тұқымдардың бактериялар мен саңырауқұлақтардың әсерінен шіріп кетудің алдын алу үшін жасалады.

Петри табақшасына екі қабат сүзгі қағазы салынады (диаметрі 10 см), сосын сүзгі қағаздың үстіне залалсызданған өсімдік тұқымының 25 данасы салынып, 6мл дайындалған ерітінділер құйылады және парафинмен Петри табақшасының айналасы оралады. Әртүрлі ертінділерді дайындауда дистильденген су пайдаланылып, әр эксперимент 4 реттен қайтланады. Өсірілген тұқымдардың санын күнделікті бақылап, жазып отыру міндетті (тұқым қабықшасынан өскін 2 мм өсіп шыққаннан бастап) [19]. Жалпы эксперимент барысы 10 күнді құрайды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау. Ақсора (*Suaeda Salsa Pall*) тұқымының NaCl ертіндісінің әртүрлі концентрациясындағы (г/100мл) өнгіштік көрсеткіштерінің зерттеу нәтижелері 1-суретте көрсетілген.

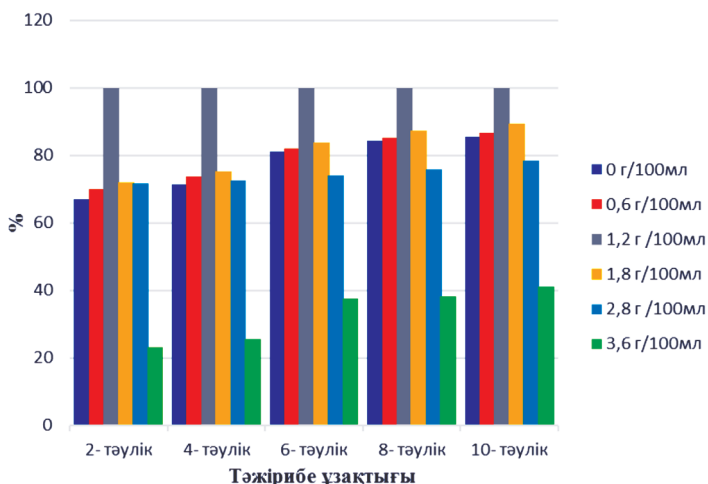


1 сурет - Ақсора (*Suaeda salsa Pall*) тұқымының NaCl ертіндісіндегі өнгіштік көрсеткіші (%)

1-суретте Ақсора (*Suaeda salsa Pall*) тұқымдарының өнгіштік көрсеткіштері анықталған нәтижелерге негізделгенде, 10 тәулік ішінде бақылаумен (0 г/100мл) салыстырғанда, NaCl тұзында 1,2 г/100мл концентрациясында тұқымдар 100% бүршік жарған.

Суретте Ақсора тұқымдарының тұзды ортаға өте бейім екендігі көрінеді. Тұздың концентрациялары төмен болғанда тұқымның өнгіштік көрсеткіші стресске жеңіл ұшырайды. NaCl- да 1,8 г/100 мл тұздық стресте тұқымдардың жинақталған өнгіштік көрсеткіші 80%-дан астам болатындығы байқалған.

Ақсора (*Suaeda salsa Pall*) тұқымының тұзды топырақ ертіндісінің әртүрлі концентрациясындағы (г/100 мл) өнгіштік көрсеткіштерінің зерттеу нәтижелері 2-суретте көрсетілген.

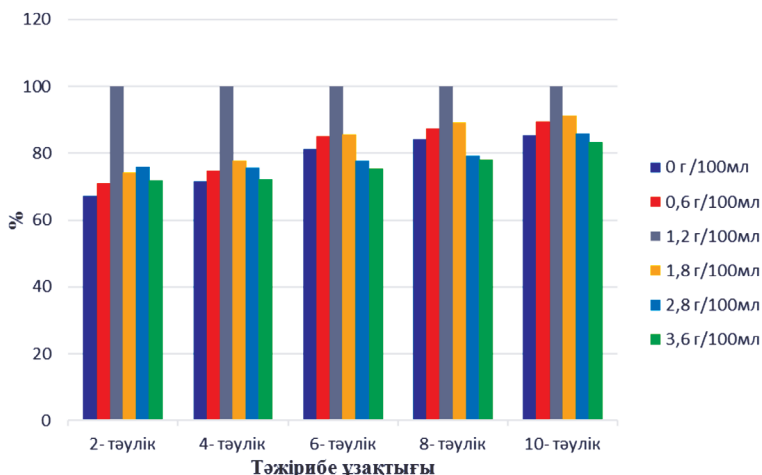


2 сурет - Ақсора (*Suaeda salsa Pall*) тұқымының тұзды топырақ ертіндісіндегі өнгіштік көрсеткіші (%)

2-суретте Ақсора (*Suaeda salsa Pall*) тұқымдарының өнгіштік көрсеткіштері анықталған нәтижелерге негізделгенде, 10 тәулік ішінде бақылаумен (0г/100мл) салыстырғанда, тұзды топырақ ертіндісінің 1,2 г/100мл концентрациясында тұқымдар 100% бүршік жарған. Эксперимент жасалынған өсімдік тұқымдары жинап алынған тұзды топырақ ертіндісінің 1,8 г/100 мл стресте тұқымдардың жинақталған өнгіштік көрсеткіші 85% -дан астам болатындығы байқалған. Ақсора (*Suaeda salsa Pall*) тұқымының Na_2SO_4 тұзының әртүрлі концентрациясындағы (г/100 мл) өнгіштік көрсеткіштерінің зерттеу нәтижелері 3-суретте көрсетілген.

3-суретте Ақсора (*Suaeda salsa Pall*) тұқымдарының өнгіштік көрсеткіштері анықталған нәтижелерге негізделгенде, 10 тәулік ішінде бақылаумен (0г/100мл) салыстырғанда, Na_2SO_4 тұзында 1,2 г/100мл концентрациясында тұқымдар 100% бүршік жарған. Ал, Na_2SO_4 3,6 г/100мл

тұздық стресте тұқымның өнгіштік көрсеткіші 80%-дан астам болған. Тұз ерітіндісінің концентрациясы жоғарылаған сайын тұқымдардың жинақталған өну көрсеткіші әртүрлі деңгейде төмендейтіні байқалады. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, топырақ ерітіндісінің 1,2 г/100мл концентрациясында тұқымның өнуі синергетикалық әсер берген. Осыған ұқсас жұмыстар Қытай халық республикасы Хе бей провинциясы, Бин хай ауданы, Хай синг округіндегі тұзды-сілтілі жерлерінде өсетін *Puccinellia tenuiflora* [20], *Clover* [21], *Suaeda salsa* [22], *Puccinellia tenuiflora* [23], *Salicornia salina* [24] галофитті өсімдіктерге жасалған [25]. Эксперимент жасалған өсімдіктерде тұздың төмен концентрация жағдайында синергетикалық әсер еткені дәлелденген. Ақсора тұқымдарының Na_2SO_4 тұзының әртүрлі концентрациясына сезімтал емес екені белгілі болды. Ал, керісінше, NaCl тұзының ертінділері тұқымның өнгіштігіне өте күшті стресстік әсер ететіні анықталды.



3 сурет - Ақсора (*Suaeda salsa Pall*) тұқымының Na_2SO_4 ертіндісіндегі өнгіштік көрсеткіші (%)

Қорытынды. Ақсора (*Suaeda salsa Pall*) тұқымдары әртүрлі тұз концентрацияларының стрестік әсер ету кезінде ингибириленеді, ингибиция деңгейі тұз концентрациясының жоғарылауына сәйкес жоғарылайды, бірақ әр түрлі тұздың ингибирлеу дәрежесі әртүрлі болып, Na_2SO_4 ең төмен ингибиторлық әсерге ие болғаны байқалады. Ақсора тұқымдардың NaCl тұзының стрессіне ең көп жауап беретіні анықталды. Сонымен бірге, әртүрлі тұздардың (NaCl , Na_2SO_4) жоғары

концентрацияларымен өңдеу арқылы тұқымның өнуіне ең тиімді тұздың концентрациясы 1,2 г/100мл екендігі анықталды. Ақсора (*Suaeda salsa* Pall) тұқымының тұзды стреске белсенді жауап қайтаруын негізге ала отырып, тұздылығы жоғары өзен жағалаулары мен сор, сортаң жерлерге өсіру арқылы топырақты оңалтуда пайдалану ұсынылады.

Әдебиеттер

1 Shannon M.C. Adaptation of Plants to Salinity // Adv. Agron. – 1997. -№60. - P. 75 - 120.

2 Jamil A.; Riaz, S.; Ashraf, M.; Foolad, M.R. Gene expression profiling of plants under salt stress // CRC. Crit. Rev. Plant Sci. – 2011. №30. – P. 435 - 458.

3 Greenway H., Munns R. Mechanisms of Salt Tolerance in Nonhalophytes // Annu. Rev. Plant Physiol. – 1980. - №31. – P. 149 - 190.

4 Flowers T.J., Colmer T.D. Salinity tolerance in halophytes // New Phytol. – 2008. - №179. – P. 945 - 963.

5 Patel S. Salicornia: Evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate // Biotech. – 2016. - №6. – P. 1 - 10.

6 Yang H., Huang Z. Baskin, C.C.; Baskin, J.M.; Cao, Z.; Zhu, X.; Dong, M. Responses of caryopsis germination, early seedling growth and ramet clonal growth of *Bromus inermis* to soil salinity // Plant Soil. – 2009. - №316. – P. 265 - 275.

7 Singh D., Buhmann A.K., Flowers T.J., Seal C.E., Papenbrock J. Salicornia as a crop plant in temperate regions: Selection of genetically characterized ecotypes and optimization of their cultivation conditions // AoB Plants. – 2014. - №6. P. 1 - 20.

8 Yamamoto K., Oguri S., Chiba S., Momonoki Y.S. Molecular cloning of acetylcholinesterase gene from *Salicornia europaea* L. // Plant Signal. Behav. – 2009. - №4. - P. 361 - 366.

9 Kim S., Kim E., Yoon S., Jo N., Jung S.K., Kwon S., Chang Y.H., Jeong Y. Physicochemical and Microbial Properties of the Korean Traditional Rice Wine, Makgeolli, Supplemented with Banana during Fermentation // Prev. Nutr. Food Sci. – 2013. - №18. – P. 203 - 209.

10 Song, S.H.; Lee, C.; Lee, S.; Park, J.M.; Lee, H.J.; Bai, D.H.; Yoon, S.S.; Choi, J.B.; Park, Y.S. Analysis of microflora profile in Korean traditional Nuruk. // J. Microbiol. Biotechnol. – 2013. - №23. P. 40 - 46.

11 Gunning, D. Cultivating *Salicornia europaea* (Marsh Samphire) // Daithi O'Murchu Marine Research Station & University College Cork: Dublin, Ireland. – 2016. P. 92.

12 Cybulska, I.; Chaturvedi, T.; Brudecki, G.P.; Kádár, Z.; Meyer, A.S.; Baldwin, R.M.; Thomsen, M.H. Chemical characterization and hydrothermal pretreatment of *Salicornia bigelovii* straw for enhanced enzymatic hydrolysis and bioethanol potential // Bioresour. Technol. – 2014. - №153. – P. 165 - 172.

13 Smillie, C. *Salicornia* spp. as a biomonitor of Cu and Zn in salt marsh sediments // Ecol. Indic. – 2015. - № 56. - P. 70 - 78.

14 Fedoroff, N.V.; Battisti, D.S.; Beachy, R.N.; Cooper, P.J.M.; Fischhoff, D.A.; Hodges, C.N.; Knauf, V.C.; Lobell, D.; Mazur, B.J.; Molden, D.; et al.

Radically Rethinking Agriculture for the 21st Century // Science. – 2010. - №327. – P. 833 - 834.

15 Qu, X.X.; Huang, Z.Y.; Baskin, J.M.; Baskin, C.C. Effect of temperature, light salinity on seed germination and radicle growth of the geographically widespread halophyte shrub *Halocnemum strobilaceum* // Ann. Bot. – 2008. - №101. P. -293 - 299.

16 Atia, A.; Debez, A.; Barhoumi, Z.; Smaoui, A.; Abdelly, C. ABA, GA3, and nitrate may control seed germination of *Crithmum maritimum* (Apiaceae) under saline conditions // Comptes Rendus Biol. – 2009. - №332. – P. 704 - 710.

17 Huang, Z.; Zhang, X.; Zheng, G.; Gutterman, Y. Influence of light, temperature, salinity and storage on seed germination of *Haloxylon ammodendron* // J. Arid Environ. – 2003. - №55. – P. 453-464.

18 Muhammad, Z.; Hussain, F. Effect of NaCl salinity on the germination and seedling growth of seven wheat genotypes // Pakistan J. Bot. – 2012. - №44. – P. 1845-1850.

19 Williams, M.; Ungar, I. The Effect of Environmental Parameters on the Germination, Growth, and Development of *Suaeda depressa* (Pursh) Wats // Am. J. Bot. -1972. - №59. – P. 912 - 918.

20 Yan Shunguo, Shen Yuying, Ren Jizhou, Baker D.A. The mechanism of the influence of salinity on the germination of *Puccinellia tenuiflora* // J. Acta Grassland. -1994. - №2(2). – P. 12 – 19.

21 Shen Yuying, Yan Shunguo, Yu Ling, et al. The effect of salt concentration on the seed germination of *Puccinellia tenuiflora* // Grass Industry Science. – 1991. - №8(3). – P. 22 – 25.

22 Mou Xindai, Long Ruijun, Ren Yunyu, et al. Study on the salt tolerance of several pastures at the seedling stage // China Grassland. – 1988. - №4. – P. 53-55.

23 Du Xiaoguang, Zheng Huiying, Liu Cunde, et al. A preliminary study on the bioecological mechanism of the main saline-alkali plant communities in the Songnen Plain // Chinese Journal of Plant Ecology. -2001. - №18(1). – P. 41 – 49.

24 Yan Xiufeng, Sun Guorong, Na Shouhai, et al. The stress effect of salinity on the seed germination of *Puccinellia tenuiflora* // Grass Science. – 1994. - №11(4). – P. 27 – 31.

25 Li Cunzhen., Liu Xiaojing., Yang Yanmin., Liu Chunyu. Effects of Salt Stress on Seed Germination and Seedling Growth of *Suaeda salsa* // Chinese Agricultural Science. – 2005. - Vol. 21(5). – P. 209 - 212.

Рахымжан Ж., докторант 3-го курса, e-mail: r.zhanar80@mail.ru

Текебаева Ж.Б., магистр технических наук, научный сотрудник,
e-mail: j.tekebaeva@mail.ru

Бейсенова Р.Р., научный руководитель, доктор биологических наук,
e-mail: raihan_b_r@mail.ru

ЭКОЛОГИЯ

МРНТИ 87.19.15, 34.35.51

М.Т. Баймуканов¹, Ж.М. Баймуканова¹

¹Институт гидробиологии и экологии, пос. Иргели, Казахстан

О ПЛАСТИКОВОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ И ПОТЕНЦИАЛЬНОМ ЕГО ВОДЕЙСТВИИ НА БИОРАЗНООБРАЗИЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Аннотация. В настоящее время ширятся исследования пластикового загрязнения водных экосистем. Но до сих пор воздействие пластика на биоразнообразие малоизучено. Исследования на наличие микро- и макропластика в водоемах Казахстана ранее не проводились. В результате научно-исследовательских работ разные виды микропластика и другие микро- и макроартефакты были обнаружены на побережье и побережье Каспийского моря. В связи с этим, необходимы дальнейшие исследования для качественной и количественной оценки объемов пластикового загрязнения и выяснения их воздействия на живые организмы и экосистему моря.

Ключевые слова: микропластик, макропластик, артефакт, рыболовные сети, загрязнение.

• • •

Түйіндеме. Қазіргі уақытта су экожүйелерінің пластикалық ластануын зерттеу жалғасуда. Бірақ осы уақытқа дейін пластиктің биоалуантүрлілікке әсері аз зерттелген. Қазақстанның су айдындарында микро - және макропластиктің болуына зерттеулер бұрын жүргізілген жоқ. Ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижесінде Каспий теңізінің су жағалауы мен жағалауында әртүрлі микропластик және басқа да микро - және макроартефактілер табылды. Осыған байланысты пластикалық ластану көлемін сапалы және сандық бағалау және олардың тірі организмдер мен теңіз экожүйесіне әсерін анықтау үшін қосымша зерттеулер қажет.

Түйінді сөздер: микропластик, макропластик, артефакт, балық аулау аулары, ластану.

• • •

Abstract. Research on plastic pollution of aquatic ecosystems is currently expanding. However, the impact of plastic on biodiversity is still poorly understood. Studies for the presence of micro- and macroplastics in water bodies of Kazakhstan have not been conducted before. As a result of research research, various

Источник финансирования исследований. Работы выполнены на финансовые средства ТОО «Тенгизшевройл» по проекту «Сохранение популяции каспийского тюленя».

types of microplastics and other micro and macro artifacts were found on the coast and coast of the Caspian Sea. In this regard, further research is needed to qualitatively and quantitatively assess the volume of plastic pollution and to clarify their impact on living organisms and the ecosystem of the sea.

Keywords: microplastic, macroplastic, artifact, fishing nets, pollution.

Введение. Пластик в настоящее время является одним из наиболее востребованных материалов и используется практически во всех областях промышленности и в быту, имеет низкую себестоимость. Он обладает физико-химическими свойствами, обеспечивающими прочность, легкость и долговечность производимой из него продукции. Синтетический мусор, образуемый после использования этой продукции, легко выносится с водосборной территории и поступает в реки, озера, моря и Мировой океан [1-5], поскольку плотность пластика близка к плотности воды. Попавшие в природные условия пластиковые изделия постепенно разрушаются, порождая огромное количество макро-, микро- и наночастиц, которые и несут наибольшую опасность для окружающей среды. Микрочастицы пластика имеют широкий спектр размерных групп (от 0,3 до 5 мм). Частицы пластика свыше 5 мм относятся к макропластику [1,6-9]. В ряде публикаций [10-13] сообщается, что у морских млекопитающих обнаруживаются различные виды микро- и макропластика, видимо, ошибочно принятые животными в качестве пищи или же попавшие по пищевой цепочке через беспозвоночных или рыб.

Исследования загрязнения пластиковым материалом водоемов Казахстана не проводились. В настоящей работе изложены результаты пилотной работы по оценке загрязнения пластиковыми частицами, включая микро- и макропластик, побережья и прибрежной зоны Северного Каспия у мыса Тупкараган.

Методы исследования. На западном побережье и прибрежье полуострова Тупкараган Каспийского моря с 16 сентября по 8 октября 2019 г. был произведен сбор брошенных рыболовных сетей и другого мусора и отбор проб воды и грунта на наличие пластикового загрязнения. Отбор проб проводился согласно [1,2,14] разными методами: 1) фильтрация воды (от 100 до 1000 л) при помощи планктонной сети Апштейна с ячейей 335 мкм; 2) отбор проб воды ловушкой, представляющей собой металлическую раму (площадь входного отверстия 50/40), на которую нашит по периметру мельничный газ ячейей 335 мкм длиной 1,5 м; 3) сбор проб песка и водорослей на линии максимального прилива/заплеска (в верхней части пляжа). Всего собрано 77 проб на

28 станциях (таблица 1). На побережье пробы отобраны на глубинах от 0,15 до 0,60 м.

Таблица 1 – Количество проб, собранных различными методами

Пробы, отбираемые сетью Апштейна, л	Пробы, отбираемые ловушкой	Пробы, отбираемые тралением	Пробы, отобранные с береговых наносов (песок, водоросли)	Всего
25	18	3	31	77

Пробы воды и песка фиксировались 4% раствором формальдегида. Анализ микропластика и других объектов антропогенного происхождения производился в лаборатории с применением микроскопов МБС-10 и МСХ-300, Moticam 2000 (под увеличением до 40X), Premiere MA88-1000 (под увеличением до 31X). Микропластик (размерами до 5 мм) не взвешивался. Масса макропластика и металлических артефактов определялась на весах Adventurer TM, с разрешающей способностью до 0,001 мг по методикам [1,2].

Результаты исследования. В воде были обнаружены частицы микропластика размером от 0,69 до 3,61 мм. В данный размерный диапазон вошли частицы синтетической монокити, используемая в изготовлении рыболовных сетей, и другие виды пластика. Среди песка и водорослей зафиксированы остатки синтетических волокон неизвестного происхождения, капроновые нити, фрагменты полиэтилена. Длина пластиковых фрагментов составила от 14 до 197 мм, ширина – 1-26 мм, при массе от 0,005 до 0,19 г. Кроме пластика в воде зафиксированы металлические частицы и остатки засохшей краски (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика микро- и макропластика, других микро- и макроартефактов на побережье и побережье Каспийского моря (мин-макс/среднее; количество)

Разновидность	Длина, мм	Ширина, мм	Масса, г
Микропластик	<u>0,69-3,61</u> 1,86;3	<u>0,03-2,13</u> 0,83;3	-
Пластиковые частицы	<u>14-197</u> 53,85;7	<u>1-26</u> 15;6	<u>0,005-0,19</u> 0,067;7
Металлические частицы	<u>0,94-1,68</u> 1,31;2	<u>0,22-0,56</u> 0,39;2	<u>0,001-0,002</u> 0,0015;2
Частицы засохшей краски	<u>1,199-14</u> 7,59;2	<u>0,93-9</u> 4,96;2	<u>0,008</u> 0,008;1

Таким образом, исследования продемонстрировали, что в Каспийском море существует новый вид загрязнения – микропластик и другие микро- и макроартефакты, включая пластиковые частицы. Обнаруженный микро- и макропластик имеет вторичное происхождение [15]. Источником данного вида загрязнения являются сети рыболовные из синтетических полимерных материалов, полиэтиленовые пакеты, пластиковые бутылки и т.пр. Так на 1 км² побережья мыса Тупкараган приходится по данным осени 2019 г. 785,5 кг брошенных рыболовных сетей, 1786,0 кг различного пластикового и другого мусора – твердых бытовых отходов.

Обсуждение результатов. В результате проведенных работ разные виды микропластика и другие микро- и макроартефакты впервые были обнаружены и описаны на побережье и побережье Каспийского моря. Воздействие микро- и макропластика на организм животных далеко не изучено. Но поскольку пластик не разлагается ферментативной системой животных, само по себе проглатывание пластика представляет угрозу для них и может вызывать летальный исход [1,7,8], способен накапливаться в видах, представляющих вершину трофической цепи, к примеру, исчезающем [16] эндемике - каспийском тюлене (*Pusa caspica*). Большое беспокойство вызывает тот факт, что частицы микро- и макропластика способны адсорбировать на своей поверхности многие загрязняющие вещества [1, 9], становясь, тем самым, их вторичным источником. Загрязняющие вещества, продвигаясь вверх по пищевой цепи, могут концентрироваться как в высших хищниках, так и в организме человека [17]. Следовательно, обнаружен новый вид угрозы биоразнообразию животных Каспийского моря в виде пластикового загрязнения. В связи с этим, необходимы дальнейшие исследования для качественной и количественной оценки объемов пластикового загрязнения в Каспийском море и выяснения воздействия микро- и макропластика на живые организмы.

Выводы. Сбор и утилизация мусора и рыболовных сетей во всем мире является комплексной проблемой, для решения которой требуются большие усилия. Приоритетные решения в данном направлении связаны с повышением осведомленности среди всех пользователей водными и биологическими ресурсами об отрицательном воздействии пластикового загрязнения, повышением стимулов для сбора и утилизации мусора и рыболовных сетей, предотвращению их попадания в водоемы путем организации достаточного количества специализированных приемных пунктов как на побережье, так и в прилегающих населенных пунктах. В целом, для снижения отрицательного воздействия пластикового загрязнения Каспийского моря необходимо налаживать

менеджмент морского мусора, включая брошенные рыболовные сети, включая в процесс как производителей пластиковой продукции, ее пользователей, так и перерабатывающие пластик организации.

Список литературы

1 *Зобков М.Б., Есюкова Е.Е.* Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // *Океанология*. – 2018. – Т.58 № 1. – С.149-157. DOI: DOI:10.7868/S0030157418010148, [Zobkov M.B., Esyukova E.E. Mikroplastik v morskoy srede: obzor metodov otbora, podgotovki i analiza prob vody, donnykh otlozhenij i beregovykh nanosov // *Okeanologiya*. – 2018. – Т.58 № 1. – С.149-157]

2 *Зобков М.Б., Есюкова Е.Е.* Приложение к статье: Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // *Калининград*. – 2017. – 53 с., [Zobkov M.B., Esyukova E.E. Prilozhenie k stat'e: Mikroplastik v morskoy srede: obzor metodov otbora, podgotovki i analiza prob vody, donnykh otlozhenij i beregovykh nanosov // *Kaliningrad*. – 2017. – 53 s]

3 *Browne M.A., Crump P., Niven S.J. et al.* Accumulations of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks // *Environ. Sci. Technol.* – 2011. –V. 45. – P. 9175–9179. DOI: 10.1021/es201811s

4 *Rilling M.C.* Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil? // *Environ. Sci. Technol.* –2012. –V.46. – P. 6453–6454. DOI: 10.1021/es302011r

5 *Wright S.L., Thompson R.C., Galloway T.S.* The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review // *Environ. Pollut.* – 2013. –V. 178. –P. 483–492. DOI: 10.1016/j.envpol.2013.02.031

6 *Boerger C.M., Lattin G.L., Moore S.L., Moore C.J.* Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre // *Mar. Pollut. Bull.* – 2010. –V. 60. –P. 2275–2278. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2010.08.007

7 *Cole M., Webb H., Lindeque P.K. et al.* Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms // *Sci. Rep.* – 2014. –V. 4. – № 4528. DOI: 10.1038/srep04528.

8 *Foekema E.M., De Groot C., Mergia M.T. et al.* Plastic in North Sea fish // *Environ. Sci. Technol.* –2013. –V. 47(15). –P. 8818–8824. DOI: 10.1021/es400931b

9 *Ashton K., Holmes L., Turner A.* Association of metals with plastic production pellets in the marine environment // *Mar. Pollut. Bull.* –2010. –V. 60. –P. 2050–2055. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2010.07.014

10 *Eriksson, C., Burton, H.* Origins and biological accumulation of small plastic particles in fur seals from Macquarie Island// *AMBIO A Journal of the Human Environment*. –2003. –V.32. –P. 380–384. DOI: 10.1579/0044-7447-32.6.380

11 *Blight, L.K. and Burger, A.E.* Occurrence of plastic particles in sea-birds from the eastern North Pacific. *Mar. Pollut. Bull.* –1997. –V.34. –P. 323–325.

12 *Ogi, H.* Ingestion of plastic particles by sooty and short-tailed shearwaters in the North Pacific. In: *Proc. Second International Conference on Marine Debris*.

Shomura, R.S. and Godfrey, M.L. (eds). 2–7 April 1989, Honolulu, Hawaii. –1990. NOAA Tech. Memo. NMFS, NOAA-TM-NMFS-SWFSC-154. –P. 635–652.

13 *Duncan E. M., Broderick A. C., Fuller W. J., Galloway T. S., Godfrey M. H., Hamann M., Limpus C. J., Lindeque P. K., Mayes A. G., Omeyer L. C. M., Santillo D., Snape R. T. E., Godley B. J.* Microplastic ingestion ubiquitous in marine turtles//Glob Change Biol. –2018. –P. 1–9. DOI: 10.1111/gcb.14519

14 *Якименко А.Л., Иванова В.А., Сергеева В.С., Блиновская Я.Ю.* Некоторые методы изучения микропластика в прибрежно-морской среде//Современные тенденции развития науки и технологий. –2015. –№8-1. –С. 91-94, [YAkimenko A.L., Ivanova V.A., Sergeeva V.S., Blinovskaya YA.YU. Nekotorye metody izucheniya mikroplastika v pribrezhno-morskoj srede//Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologij. –2015. –№8-1. –S. 91-94]

15 Пластиковый мусор и микропластик в Мировом океане. Глобальное предостережение и исследование, призыв к действиям и руководство по изменению направления политики. ЮНЕП, 2016, Найроби. – 189 с., [Plastikovyj musor i mikroplastik v Mirovom okeane. Global'noe predosterezhenie i issledovanie, prizyv k dejstviyam i rukovodstvo po izmeneniyu napravleniya politiki. YUNEP, 2016, Najrobi. – 189 s.]

16 *Баймуканов М.Т.* Как сохранить каспийского тюленя (*Pusa caspica*)?// Известия Национальной Академии Наук Республики Казахстан. Серия биологическая и медицинская. –2017. Серия 6. № 324. – С.100-101., [Bajmukanov M.T. Kak sokhranit' kaspijskogo tyuleny (Pusa caspica)?// Izvestiya Natsional'noj Akademij Nauk Respubliki Kazakhstan. Seriya biologicheskaya i meditsinskaya. –2017. Seriya 6. № 324. – S.100-101]

17 *Ivar do Sul J.A., Costa M.F.* The present and future of microplastic pollution in the marine environment// Environmental Pollution. –2014. –V. 185. –P. 352–364.

*** Авторы благодарят всех, кто принимал участие в сборе материала для настоящей статьи: Баймуканова Т.Т., Баймуканову А.М., Сыдыкову Ж.А., Куцкевича Д.В.

Баймуканов М.Т., кандидат биологических наук, e-mail: institute_he@ihe.kz
Баймуканова Ж.М., магистр сельскохозяйственных наук,
e-mail: zh_baimukanova@ihe.kz

T.M. Kazakbayeva¹, A.D. Shaibek¹

¹Kazakh national university name of Al-Farabi, Almaty c. Kazakhstan

MAIN DIRECTIONS FOR RATIONAL USE OF WATER RESOURCES IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract. The article examines major directions of the rational management of water resources in the Republic of Kazakhstan, specifically the South Kazakhstan region. Rational water use plays a huge role in the water sector and the country's economy as a whole. Rational water management is a pragmatic process that comprises the efficient utilization and conservation of water resources, which guarantees the preservation of water bodies from excessive anthropogenic impact. Rational water management is the main moderator in supplying the population and the national economy with water resources. The analysis of the foundations of rational water management is conducted, the basic economic instruments affecting the process of water management are examined, and the structure of water resources management in the South Kazakhstan region is investigated.

Keywords: rational water management, water resources, virtual water, sustainable water use, river runoff, total surface water resources.

• • •

Аннотация. В статье выявлены основные направления рационального использования водных ресурсов в Республики Казахстан, в частности Южно-Казахстанской области. Для водохозяйственного сектора и экономики страны в целом, рациональное водопользование имеет огромную роль. Рациональное водопользование – это процесс прагматического характера, включающий в себя эффективное использование и охрану водных ресурсов, гарантирующий сохранение водных объектов от избыточного антропогенного воздействия. Рациональное водопользование является основным модератором в обеспечении населения и отрасли народного хозяйства водными ресурсами. В данной работе проведен анализ основ рационального водопользования, рассмотрены основные экономические инструменты влияющие на процесс водопользования и сделан обзор структуры управления водными ресурсами в Южно-Казахстанской области.

Ключевые слова: рациональное водопользование, водные ресурсы, виртуальная вода, устойчивое водопользование, речной сток, суммарные ресурсы поверхностных вод.

Түйіндеме. Мақалада Қазақстан Республикасының, соның ішінде Оңтүстік Қазақстан облысының су ресурстарын тиімді пайдаланудың негізгі бағыттары анықталды. Жалпы ел экономикасы мен су шаруашылық кешені үшін су ресурстарын тиімді пайдалану өте маңызды. Су ресурстарын тиімді пайдалану – прогнатикалық сипатта су ресурстарын шектен тыс антропогендік ықпалдан қорғау және ысырапсыз пайдалануға кепілдік беретін процесс. Су ресурстарын тиімді пайдалану халық шаруашылығын және тұрғындарды су ресурстарымен қамтамасыз етудің негізгі модераторы болып табылады. Берілген жұмыста су ресурстарын тиімді пайдаланудың негіздері, су ресурстарын пайдалану процесіне әсер ететін негізгі экономикалық құралдар қарастырылды және Оңтүстік Қазақстан облысының су ресурстарын басқарудың құрылымы талданды.

Түйінді сөздер: су ресурстарын тиімді пайдалану, су ресурстары, виртуалды су, суды орнықты пайдалану, өзен ағындысы, жер беті ағындысының жиынтық ресурстары.

Introduction. General formulation of the problem and its connection with important scientific and practical problems. Rational water use is a set of measures to reduce water consumption and improve the efficiency of wastewater treatment in order to save resources, protect nature and to increase economic efficiency in industry, housing and communal services and agriculture. At one time I.A. Shiklomanov noted the fact that Central Asia has the greatest anthropogenic load on water resources in general. There is no similar natural and ecological region in the whole world as in Central Asia, where more than 75% of all water resources of the world are used. In this regard, there is a very deep lack of water resources in this region, which in turn reveals the need to change traditional methods of water use [1].

According to the Water Code of the Republic of Kazakhstan: “Water resources are the most important component of the natural environment, a limited, renewable and vulnerable natural resource, are protected and used on the territory of Kazakhstan as the basis for the life of peoples and ensure the ecological, social and economic well-being of the population, as well as the existence of flora and fauna. The classification of water resources is shown in Figure 1. The main goals achieved by measures to rationalize water use:

1. Renewability. To ensure the availability of water resources for future generations, fresh water intake should not exceed the natural water replacement rate.

2. Conservation of energy. Water pumping, delivery and wastewater treatment activities consume significant amounts of energy. In some

regions of the world, 15% of total energy consumption is spent on water management activities.

3. Preservation of natural habitat. Reducing human consumption of water helps to preserve the natural aquatic environment, which is important for local flora and fauna, and also increases the total water flow. It also reduces the need to build new dams and other facilities for water intake.

Water management measures include:

1. Any significant reduction in water loss, use or pollution, as well as preservation of the quality of water resources.

2. Reducing water use by introducing water conservation measures or increasing water use efficiency.

Implementation of water resource management systems that reduce or favor the reduction of excess water consumption.

Research objects. Kazakhstan is not rich in water resources, and they are not evenly distributed on its territory. There are over 85 thousand rivers and temporary reservoirs in the republic. (Periodically drying up rivers due to climatic conditions of the year). The main source of their filling is glaciers and snow. In total, there are 2,724 glaciers with a total glaciation area of about 2 thousand square km. There are 48 thousand lakes in the republic, of which 45 are small, the area of which is less than 1 sq. km. The lakes are located unevenly on the territory: either they are hundreds of kilometers apart from each other, or they are located so densely that they form lake areas. The renewable water resources of the basins usually consist of the runoff recorded in the outlet sections of the rivers, the inflow of water below these sections, as well as the runoff of unexplored rivers. Since in the lower reaches of rivers in lowland Kazakhstan, the runoff is usually scattered, sometimes even to the point of complete disappearance, when calculating the total water resources, data were used for the sections with the maximum runoff [2].

The most recent data on river flow in the Republic of Kazakhstan include the work carried out within the framework of the project "Rational use of water resources with an increase in the areas of regular and inundation irrigation in all water basins of the Republic of Kazakhstan until 2021" (Figure 1). Where, on the scale of 8 water basins, both average water resources and resources in water-specific years were estimated (50, 75, 95% of availability). Studies have shown that the total resources of surface waters formed in Kazakhstan and coming from the territories of neighboring states are on average 122.0 km³. Water resources formed within Kazakhstan amount to 58.0 km³.

The inflow from neighboring states is determined at 67.2 km³, including about 26 km³ from China, 10.6 km³ from Russia, 26.5 km³ from Uzbekistan, and 4.1 km³ from Kyrgyzstan. As a result, if in the 50s of the last millennium, the surface runoff resources of Kazakhstani rivers were estimated at 150 km³/year, in the 70s and 80s - at 115...125 km³/year, then, as follows from the above data, they have decreased even more [3].

At the moment in the Republic of Kazakhstan there is a pressing problem of lack of water resources. In this regard, Kazakhstan has introduced a system of full and partial management of water resources for separate water basins. Since most of the country's renewable water resources are transboundary rivers, our country (in the case of 7 water basins) is entirely dependent on neighboring countries. With the growth of the population, respectively, the demand for water resources is increasing every year. The problem of water scarcity is acutely reflected in economic activities and water use in general in South Kazakhstan. Population growth, widespread development of irrigation, growth rates of infrastructures have led to an increase in the use of more and more water supplies. In general, the country has implemented many projects for the integrated management of water resources of transboundary rivers and there are effective strategies. "Strategy Kazakhstan - 2050" [4] is a vivid example of one of such large-scale undertakings. The main concept of the strategy is a gradual transition to integrated water resources management based on global experience, new methods and approaches to solving the water problem. Currently, the resource-based approach prevails in water management, that is, meeting the needs of water users in general, rather than settling the demand. Low efficiency of water management, especially in key areas such as irrigation, leads to an acute shortage of water resources. There are 150 wastewater receivers on the territory of the Republic of Kazakhstan. Including wastewater discharges to the terrain - 7, to filtration fields - 38, to storage ponds - 20, to ponds with evaporators - 18, and to biological ponds - 7 and others. The category of discharged wastewater is mainly domestic, industrial, quarry, mine and mixed. Purification type: mechanical, natural and artificial biological [4].

More than 0.81 km³ of wastewater is discharged into water bodies annually. Industrial enterprises are considered the main pollutants, they account for 63.1% of all wastewater, housing and utilities - 24.9% and agriculture - 11%. The water management complex of the Republic of Kazakhstan has 44 thousand water facilities, which are distributed as follows (Figure 2).

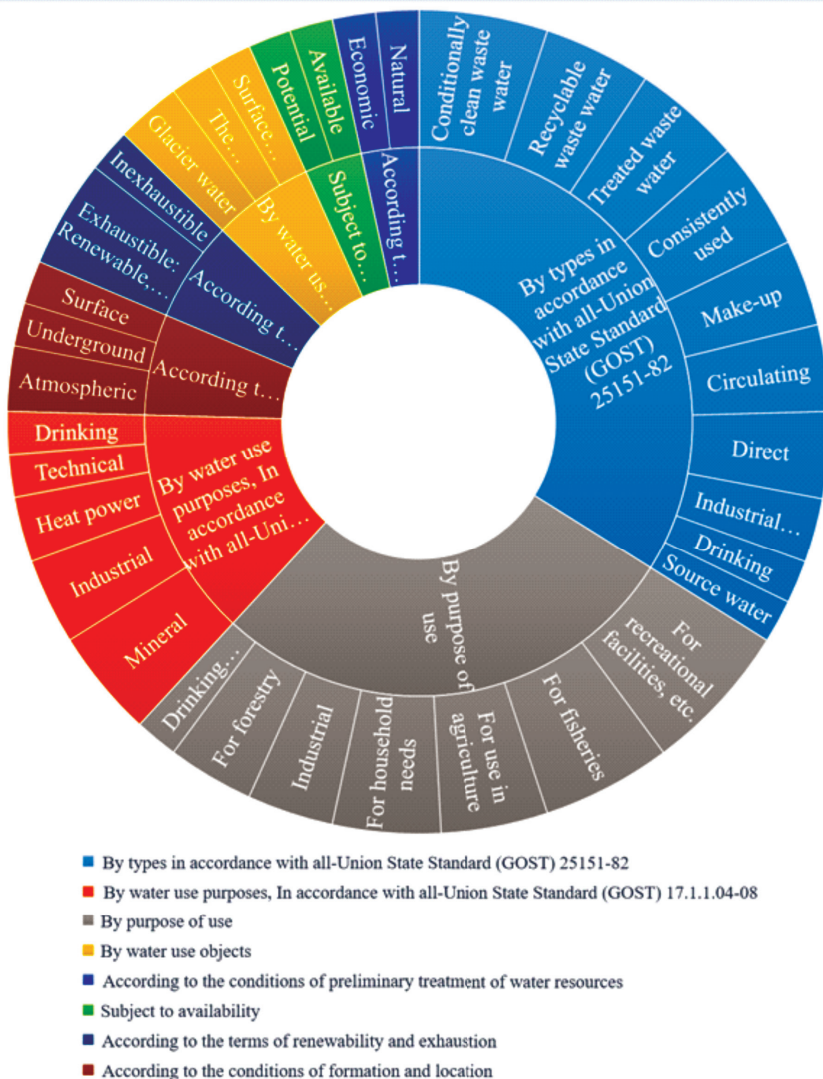


Figure 1 - Classification of water resources [7]

The largest are complex hydroelectric complexes, which include 35 hydroelectric power plants with a total capacity of 2.7 thousand MW, theoretically, the capacity of all the country's hydro resources is 170 billion

kWh per year, which is about 23% of the total capacity in the Republic of Kazakhstan as a whole (Figure 2).

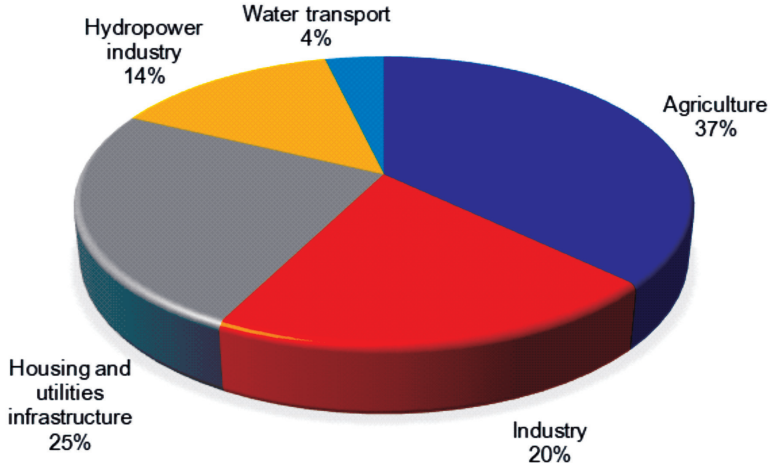


Figure 2 - Percentage ratio of the main water users of the Republic of Kazakhstan [10]

Research methods. Water resources, their peculiarities and functional structure, the possibility of their rational management, which is determined by the water-resource potential of the territory, were studied by A.B. Avakyan, O.F. Balatsky, Yu.P. Belichenko, A.M. Gareev, N.I. Koronkevich, L.M. Korytnyi, S.N. Kritsky, M.I. Lvovich, N.F. Menkel, V.V. Morokov, I.A. Shiklomanov and etc. The works of many scholars (A.B. Avakyan, V.V. Varankin, V.N. Gerasimenko, A.A. Golub, K.G. Hoffman, A.A. Mints, T.S. Khachaturov, etc.) are dedicated to the issues economic assessment of water resources of the territory. However, the changes taking place both in the country's economy and in its ecological situation and in water management as a whole necessitate an additional in-depth study of the problems of rational use of the region's water resources, their protection and restoration based on the formation of effective economic relations in water use.

The aim of this work is to analyze the foundations of rational water management and the main economic instruments that affect the water use process in Kazakhstan, as well as the structure of water resources management in the South Kazakhstan region. To fulfill the solution of tasks and goals, the main methods of statistical and system-oriented analysis were applied, general scientific methods of comparison, an abstract-log-

ical method, economic and mathematical methods, expert assessments were used. General summary and quantitative indicators were given for the main characteristics of river flow and water use. Besides, analytical research methods have created a structure of units in the main field of study. The information data base is legislative and regulatory legal acts, instructive and methodological documents in the field of water resources and water management, statistical data of the Agency on Statistics of the Republic of Kazakhstan, reports on monitoring water resources of the Hydrometeorological Center of the South Kazakhstan region, theoretical and factual materials in the works of domestic and foreign specialists in the field of hydrology, ecology and conservation of natural resources. The main factors of irrational use of water resources include:

- deterioration and unsatisfactory technical condition of hydraulic structures and water supply and sewerage facilities;
- the use of outdated water-intensive production technologies;
- excessive pollution of water bodies, emergency discharges of polluted waters;
- high level of water losses during transportation;
- insufficient equipment of water intake facilities with metering systems;
- orientation towards extensive development, as well as neglect of water use efficiency issues;
- lack of a unified management system for the water management complex, lack of qualified personnel and, as a result, a large number of inadequate decisions in the field of water use;
- imperfection of the tariff policy, both in terms of water use and wastewater disposal, and in terms of penalties and preventive sanctions;
- the lack of effective economic mechanisms stimulating business to actively introduce progressive water-saving production technologies, systems of recirculating and re-sequential water supply and reducing unproductive water losses.

Results and discussion. The economy of Kazakhstan uses more than 20-24.8 km³ of water annually. The state of the water management complex of Kazakhstan and the presence of a number of major problems in water use indicate the need to take measures to rationalize it [5]. And although at the present time a complete solution of problems in the field of water use seems impossible, there are a number of directions that allow solving existing problems and smoothing out the contradictions that arise. The classification of the main directions of the rational use of water resources is presented in table 1.

Table 1 - Classification of the main directions of rational use of water resources

Directions of rationalization of water use	
Organizational	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ensuring Integrated Water Resources Management 2. Basin principle application 3. Norm setting 4. Carrying out timely preventive and current repairs of hydraulic structures and pipelines
Economic	<ol style="list-style-type: none"> 1. Promotion of rational water use 2. Application of penalties for irrational use of water resources 3. Improving the efficiency of tariff policy 4. Payment for all types of water use
Legal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Restoration of water sources: cleaning of river beds and reservoirs; reducing the number of discharges of pollutants; restoration of sanitary zones 2. Protection of water bodies 3. Creation of reserve sources of water supply: groundwater; precipitation; treated waste water 4. Introduction of water-saving technologies 5. Organization of water monitoring systems 6. Development of methods for predicting the qualitative and quantitative state of water resources 7. Improving the quality of hydro forecasts
Technical	<ol style="list-style-type: none"> 1. Implementation of innovative technologies for water resources purification 2. Development of low water and anhydrous technologies 3. Development of machinery and equipment with less water loss 4. Creation of group systems of recycling water supply 5. Improvement of schemes and technologies for the use of water resources 6. Implementation of water pipe self-cleaning technologies

The water intensity of the country's gross domestic product significantly exceeds that of the economies of such developed countries as Germany, France, the USA and Canada. A high level of water capacity is characterized not only by the country's economy as a whole, but also by individual industries and agriculture. Reducing water capacity is a prerequisite for the transition to rational water use. It is necessary that at the "entrance" to the system, water resources are rationally used, and at the "exit" - the established standards for the negative impact of production

factors on water bodies and product quality indicators are observed. The presence of a large number of factors of irrational use of water resources and a high level of water capacity of the country lead to the need for measures to rationalize the process of water use as a whole [6-8]. The main strategic goal of state water management is to achieve and maintain an economically efficient and environmentally safe level of water use. Achievement of the dialectical unity of “economically efficient and environmentally safe level of water use” is defined by us as “sustainable water use”, which is characterized:

- balanced satisfaction of the needs of economic development and ensuring the reproduction of water resources;
- balancing the implementation of the rights of present and future generations to use economically efficient and environmentally safe water resource potential.

To achieve this goal in conditions of limited economic opportunities, both for water users and the state, when determining the main directions for the effective development of water management, it is necessary to proceed from the principle of ergonomizing decisions made (minimizing costs in water use and choosing environmentally effective solutions that have at the same time a positive economic effect). One of the most topical and innovative ways to solve the problems of rational water use is virtual water. The concept of the XXI century, which has been widely studied in the scientific community in recent years. According to the research of Christian Opp, [9, 14, 16] the relevance of this topic dates back to 1998, when the world community raised the alarm about the irrational use and lack of fresh water. Since then, there has been a lot of research on this topic, and now in the “Age of Water”, it is relevant for every person.

Research into virtual water and the water footprint has attracted the attention of many scientists from different angles. Scientists from China, the Netherlands, USA, Germany, Sweden and Great Britain can be considered the leaders of research, who in turn have introduced many new concepts. In theory, the studies pay more attention to the countries of the Middle East, Central Asia and Africa, which are currently considered the driest regions with water deficiency [17]. The range of implementation of related water protection tasks should be limited to the most urgent and socially significant ones, as well as those implemented by the state within the framework of state and regional programs for the protection and restoration of water resources and water users at the expense of their own profits in the framework of economic activities in accordance with the current legislation.

Most of the water used in the region is taken from the two main rivers, the Syr Darya and the Amu Darya, which form in the Pamir and Tien Shan mountains. The Syr Darya flows from Kyrgyzstan through Tajikistan to Uzbekistan (including through the densely populated Fergana Valley) and Kazakhstan, the Amu Darya - from Tajikistan to Uzbekistan and Turkmenistan. The water resources of the Syr Darya, the average annual flow of which is 37 km³, are distributed as follows: 74% falls on Kyrgyzstan, 14% on Uzbekistan, 9% on Kazakhstan and 3% on Tajikistan. More than 80% of the Amu Darya runoff, the average long-term runoff of which is 78 km³, is formed in Tajikistan, 6% in Uzbekistan, 2.4% in Kyrgyzstan, 3.5% in Turkmenistan (with Iran) and 7.9% in Afghanistan [10,15].

Water bodies on the territory of the South Kazakhstan region (hereinafter - water bodies) are represented by the main reservoirs, the Syrdariya and Amudaria rivers and their tributaries, natural and artificial reservoirs, rivers, lakes, ponds and swamps. The modern structure of water management in Kazakhstan and on the territory of the South Kazakhstan region, the main direction of water use in the lower reaches of the Syr Darya is agriculture, mainly regular irrigation. The main water users: the North Aral Sea and the Saryshyganak Bay, the Syrdariya river delta, ecosystems on the Syrdariya river section from the Shardara reservoir to the city of Kazalinsk [10]. The developed joint operating mode of the Shardara reservoir and the Koksaray counter-regulator, as well as the reconstruction of irrigation networks with an increase in the efficiency, allow achieving sufficient water content in the planned irrigated areas for the entire period. The reserve for growing fodder is the Koksarai counter-regulator operating in the mode of deep-water estuaries, which will compensate for the shortage of products associated with the exclusion of flooded hayfields in very dry years (95% supply). The requirements of other sectors of the economy are small compared to the requirements of regular irrigation and are constantly met.

As a rule, programs for the protection and rational use of water are initiated at the local level, either by local municipal authorities or regional structures. All water resources management structures are poorly equipped with tools for supplying and exchanging information at the present stage. Water management organizations and local water resources management bodies do not have access to the most basic and important data on water utilization for economic activity. The modern structure of water management in the Republic of Kazakhstan on the territory of the South Kazakhstan region is shown in Figure 3.

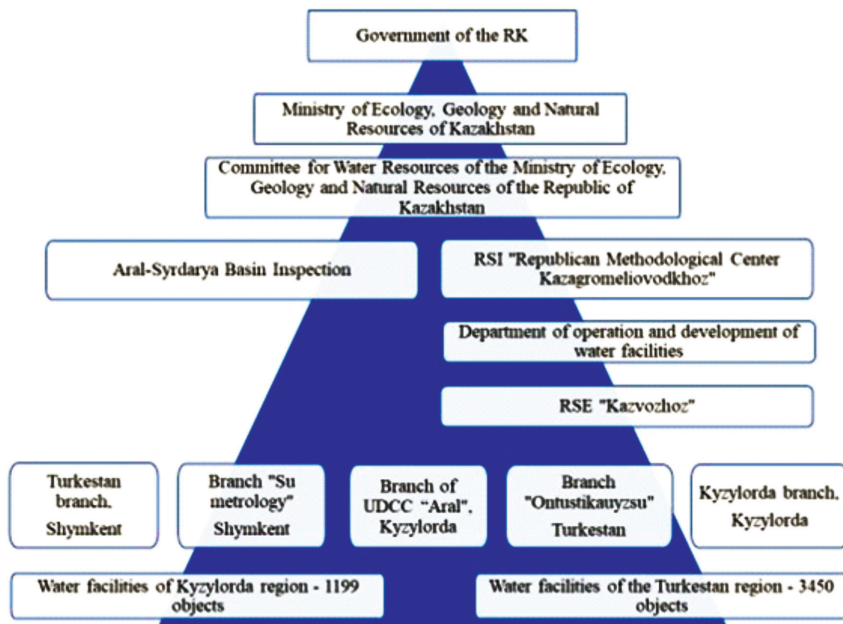


Figure 3 - The structure of water resources management of the Republic of Kazakhstan on the territory of the South Kazakhstan region

As can be seen from Figure 3, water resources management bodies are closely interconnected with each other, but do not belong to a single base of water resources management in the country, and those countries with trans-boundary rivers. This means that the system itself cannot allow timely and unified data exchange, which could be a unified database on water resources throughout the Syr Darya basin in the territory of all three countries through which the river flows. Whereas, the integrated water resources management at the interstate level should gradually resolve this problem. At the State level, by the Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated June 17, 2019 No. 17 "On measures to further improve the system of public administration of the Republic of Kazakhstan", the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan was created with the transfer of functions from the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan in the field of use and protection of the water fund, water supply, sewerage, forestry. Thus, the quality and quantity of water resources are the main development criteria for any state, on which the health and well-being of citizens of the republic directly depends [8-11].

The concept of the new State Program for Water Resources Management of the Republic of Kazakhstan was developed in accordance with the Water Code of the Republic of Kazakhstan and the Protocol of the Security Council meeting dated June 26, 2019 "On ensuring water security". In this regard, the main goal of the Concept is to determine the main ways to solve the problems of conservation and rational use of the country's water resources, to ensure the balance of socio-economic development and the possibility of reproduction of water resources at the level of the requirements of the standard water quality - "sustainable water use". The concept will serve as a basis for improving the legal framework, developing measures for the development of the water sector of the economy and state policy on water resources management and water use. Thus, water resources are a factor of life and habitat, as well as the most important economic resource for all spheres of human economic activity. Currently, it is necessary to ensure the rational use of natural resources, their protection from pollution and degradation, as well as skillfully restore, multiply and control them for the benefit of human society.

Conclusions.

1. The urgency of the problem of water management is determined by the deplorable state of the industry, and repeated attempts to solve separate issues did not change the situation as a whole.

2. There is a need for a transition to modern methods of management, active involvement of the experience of developed countries. For the most efficient use of water resources and sustainable economic growth, a coordinated development of economic sectors is required, taking into account the limited water resources and variability of surface and ground waters within river basins and the permissible environmental load on water bodies.

3. In connection with the uneven territorial distribution of water resources and their transboundary character, it is advisable to allocate areas for the development of water-intensive industries, increasing the development of hydropower potential, the development of irrigated agriculture, fisheries, etc.

4. Water resources as an object of management are a complex phenomenon and require a special approach for the formation of governing bodies with a clear division of their sphere of influence and responsibility. The main drawback of the existing management system is poorly established processes of exchange and access to information.

5. The issues of improving the economic mechanism for stimulating rational water use in the South Kazakhstan region, in particular, increasing the functional effectiveness of the restrictive and incentive tools of this mechanism, remain insufficiently studied. Also, the interaction of elements of the economic mechanism has been poorly studied.

Water resources management in the country is not very well established in terms of information exchange. The basin management principle provides a full range of broad possibilities of the structural component in water resources management, however, the practice shows that water use expenditures do not always coincide with the expected-predicted surface runoff resources. There are many factors influencing this inaccuracy: environmental, economic, climatic, demographic, etc. All these factors significantly affect the overall picture of rational water resources management. The processes of exchange and access to information are poorly established. Water management organizations do not have access to information from other governmental organizations. There is no organization technically capable of forming and maintaining a complete database on the water sector, which leads to a lack of environmental and economic information for interested persons and reduces the objectivity of decisions regarding the management and use of water resources. It would be preferable to consider new concepts in the use of water resources. The concept of virtual water can help water consumers to use more rational ways of irrigation of the drainage system and change the opinion about the cultivation of traditional crops and change over to crops that are less sensitive to frequent and abundant irrigation, and to reconsider priorities.

References

- 1 *Shiklomanov I.A.* Mirovyye vodnyye resursy. Priroda i resursy, 1991. TS T.27. – No 1-2: 81-91.
- 2 *Petrakov I. A. Kenshimov A. K.* Prakticheskoye rukovodstvo po primeneniyu statey Vodnogo kodeksa Respubliki Kazakhstan. Tom 1. Obshchaya chast'. Almaty: OO «OST-XXI vek», 2012; 336
- 3 *Blyashko Ya.I.* Opyt i perspektivy realizatsii proyektov v oblasti maloy gidroenergetiki v SNG. ZAO «MNT0 INSET». Data obrashcheniya 7 aprelya 2019.
- 4 Poslaniye Prezidenta Respubliki Kazakhstan - Lidera natsii Nursultana Nazarbayeva narodu Kazakhstana "Strategiya "Kazakhstan-2050" - novyy politicheskyy kurs sostoyavshegosya gosudarstva" - Astana, Akorda, 2012.
- 5 *Dolzhenko V.A.* Basseynovyy podkhod kak osobennost' upravleniya v oblasti ispol'zovaniya i okhrany vodnykh ob"yektov. Tambov: Gramota, 2011. № 8 (14): v 4-kh ch. CH. I. C. 81-83. ISSN 1997-292X.
- 6 *Kenshimov A.K., Ibatullin S.R.,* Problemy ispol'zovaniya vodnykh resursov v Respublike Kazakhstan. Vodnoye khozyaystvo Kazakhstana, 2005: 23-30.
- 7 *Medeu A.R., Mal'kovskiy I.M., Tolebayeva L.S.* Vodnaya bezopasnost' Respubliki Kazakhstan: problemy i resheniya. Voprosy geografii i geoekologii. 2012. № 4. P. 7-17

8 Alimkulov S.K., Tursunova A.A., Davletgaliyev S.K. Resursy rechnogo stoka Kazakhstana. Gidrometeorologiya i ekologiya. 2018. P.80-94

9 Ukaz Prezidenta Respubliki Kazakhstan ot 17 iyunya 2019 goda № 24 «O merakh po dal'neysheму sovershenstvovaniyu sistemy gosudarstvennogo upravleniya Respubliki Kazakhstan»

10 Satenbayev Ye. N., Ibatullin S. R., Balgabayev N.N., Vodopotrebleniye otrasley ekonomiki Kazakhstana: otsenka i prognoz. Almaty, 2012, - 262 p.

11 Medeu A.R., Mal'kovskiy I.M., Toleubayeva L.S. Vodnyye resursy Kazakhstana: otsenka, prognoz, upravleniye (kontseptsiya). – Almaty, 2012. – 94 b.

12 Mukhatchina F. Sostoyaniye vodootvedeniya po Respubliki Kazakhstan. Astana, Ministerstva okhrany okruzhayushchey sredy, 2005. – 10 s.

13 Zhil'tsov S.S. Transgranichnyye vodnyye resursy Tsentral'noy Azii: ekologicheskiy aspekt. Materialy III mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii ekologicheskoye i prirodookhrannyye problemy sovremennogo obshchestva i puti ikh resheniya. Moskva: Izdatel'stvo: Moskovskiy universitet im. S.YU. Vitte, 2017. P.19-28.

14 Christian O. Probleme des Wasserdargebots und der Wassernutzung im 21. Jahrhundert. Article in Marburger geographische Schriften March 2004. P.6-21.

15 Weijing Ma, Christian O., and Dewei Y.P., Present, and Future of Virtual Water and Water Footprint. *Water* 2020, 12, 3068; doi:10.3390/w12113068

16 Howells M., Hermann S., Welsch M., Bazilian M., Segerström R., Alfstad T., Gielen, D., Rogner H., Fischer G. Integrated analysis of climate change, land-use, energy and water strategies. *Nat. Clim. Chang.* 2013. – №3. – P.621–626.

17 Graham N.T., Hejazi M.I., Kim S.H., Future changes in the trading of virtual water. *Nat. Commun.* 2020. – №11. – 3632 p.

Казакбаева Т.М., докторант, e-mail: t.kazakhbaeva@mail.ru

Шайбек А.Д., докторант, e-mail: shaibek.aiya@gmail.com

К.Р. Утеулин¹

¹Институт биологии и биотехнологии растений, г. Алматы, Казахстан

ЭКОТОКСИКАНТ - НЕСИММЕТРИЧНЫЙ ДИМЕТИЛГИДРАЗИН

Аннотация. В работе обобщены литературные данные о несимметричном диметилгидразине (НДМГ, гептил), компоненте ракетного топлива, загрязнителе окружающей среды. Представлена информация о химических свойствах НДМГ, о разложении, трансформации НДМГ в воздухе, в воде, в почве, о содержании НДМГ в растениях. Обнаружено, что при разливе токсичного топлива при падении ракет, его накапливают растения и служат «хранилищем» данного супертоксицианта, а при их отмирании происходит вторичное загрязнение окружающей среды. Решением проблемы загрязнения среды НДМГ служат: разработка систем управления ракетносителей с полной выработкой бортового запаса топлива; совершенствование технологий очистки почвы и разработка технологий фитоочистки среды с использованием растений аккумуляторов НДМГ и производных его окисления.

Ключевые слова: НДМГ, трансформация, разложение, накопление, загрязнение.

• • •

Түйіндеме. Жұмыста асимметриялық диметилгидразин (АДМГ, гептил), зымыран отынының компоненті, қоршаған ортаны ластағыш туралы әдеби деректер жинақталған. АДМГ химиялық қасиеттері туралы, ауадағы, судағы, топырақтағы АДМГ ыдырауы, өзгеруі туралы, өсімдіктердегі АДМГ құрамы туралы ақпарат ұсынылған. Зымырандар құлағанда төгілген улы отынды өсімдіктер бойына сіңіріп, ауыр токсиканттың «қоймасы» ретінде қызмет ететіні анықталды. Өсімдік солып, қурап қалғанда қоршаған орта қайтадан ластанады. АДМГ ортасының ластану проблемасын шешуде көмектесетін жұмыстар: отынның борттық қорын толық игере отырып, зымыран тасығыштарды басқару жүйесін әзірлеу; топырақты тазарту технологияларын жетілдіру және АДМГ аккумуляторлары мен өсімдіктерді пайдалана отырып, ортаны фитотазарту технологияларын әзірлеу.

Түйінді сөздер: НДМГ, трансформация, ыдырау, жинақталу, ластану.

• • •

Abstract. The research has summarized literature data on unsymmetrical dimethylhydrazine (UDMH, heptyl), component of rocket propellants, an environmental pollutant. Information is provided about chemical properties of UDMH, UDMH

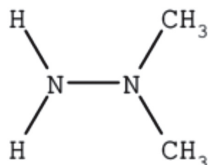
transformation in air, water, soil, UDMH content in plants. It was found that when toxic fuel is spilled during the fall of rockets, plants accumulate it, and serve as a "storage" of this supertoxicant, and when they die off, secondary environmental pollution occurs. The solution to the problem of environmental pollution of NDMG is: the development of control systems for launch vehicles with full development of the onboard fuel reserve; improvement of soil cleaning technologies and the development of phyto-cleaning technologies for the environment using plants of NDMG accumulators and its oxidation derivatives.

Keywords: UDMH, transformation, decomposition, accumulation, pollutions.

Введение. Несимметричный диметилгидразин (НДМГ, 1,1-диметилгидразин, кодовое название «гептил») – химическое вещество, производное гидразина, компонент высококипящего (имеющего температуру кипения выше 0°C) ракетного топлива. НДМГ – бесцветная или слегка желтоватая прозрачная жидкость с резким неприятным запахом, характерным для аминов (запах испорченной рыбы, схож с запахом аммиака, очень похож на запах шпрот), летучее вещество, температура кипения +63°C [1]. НДМГ широко используется в качестве эффективного высокоэнергетического ракетного топлива, а так же в синтезе полимеров и пластмасс, медицинских препаратов, регуляторов роста растений, ингибиторов коррозии и т.д. В тоже время он является токсичным веществом 1 класса опасности для человека [2]. НДМГ, как компонент ракетного топлива загрязняет объекты окружающей природной среды и наземной космической инфраструктуры в результате плановой деятельности ракетно-космического комплекса. Такие загрязнения возникают при заправке ракетносителей и железнодорожных цистерн, используемых для транспортировки гептила, при падении отделяемых частей ракетносителей, при уничтожении промышленных стоков образующихся при отмывке складского оборудования и утилизации межконтинентальных баллистических ракет. В результате аварийных случаев происходит загрязнение атмосферного воздуха, грунта, могут образовываться водные растворы, содержащие НДМГ и продукты его трансформации. Токсичность некоторых дочерних продуктов не ниже, чем у НДМГ [3], для ряда из них отсутствуют санитарно-гигиенические нормативы. Многие продукты трансформации, на данный момент, не идентифицированы [4]. В связи с таким положением анализ НДМГ и продуктов его трансформации в объектах окружающей природной среды (ОПС) является важной задачей.

Основная часть, основные сведения. Химические свойства НДМГ.

Несимметричный диметилгидразин (НДМГ, гептил, 1,1-диметилгидразин) $(\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2$

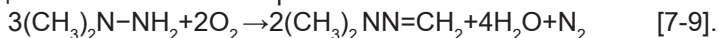


По химической природе НДМГ сильный восстановитель, при окислении которого выделяется большое количество тепловой энергии и образуется целый ряд веществ. Химические свойства НДМГ обусловлены наличием у обоих атомов азота двух неспаренных электронов, которые делают его весьма реакционноспособным соединением, легко вступающим во взаимодействие с реагентами самой различной природы и характеризующихся многообразием химических превращений. Это вызвано тем, что оба атома азота легко доступны для атаки реагентов, при этом НДМГ ведет себя как бифункциональное соединение. НДМГ хорошо растворяется во многих растворителях: в воде, спиртах, углеводородах, аминах, эфирах, хлороформе, четыреххлористом углероде, фреонах и многих фтор- и хлорорганических растворителях, смешивается с нефтепродуктами. НДМГ легко окисляется различными окислителями: KMnO_4 , H_2O_2 , HNO_3 , O_2 , Cl_2 и др. Реакции сопровождаются выделением большого количества тепла. С воздухом НДМГ образует взрывоопасные смеси в широком диапазоне концентраций от 2 до 99 объемных % [5].

Разложение, трансформация несимметричного диметилгидразина

НДМГ имеет малую стабильность, легко разлагается в интервале температур 371-427 °С с образованием активных свободных радикалов, которые, участвуют в промежуточных реакциях. В процессе реакции образуются: аммиак, метилметиленамин, гидразин, диметиламин, метан, азот, смолистые вещества, цианистый водород (HCN) [6].

Окисление НДМГ кислородом. Основными продуктами процесса окисления НДМГ кислородом являются диметилметиленигидразин (ДММГ), вода и азот. Окисление протекает по схеме:



Трансформация НДМГ в воздухе. Компонентный состав продуктов, образовавшихся при взаимодействии НДМГ с атмосферным воздухом представлен в таблице 1, данные Хмелевой М.В. (2015) [10].

Таблица 1 – Качественный и количественный состав продуктов превращения НДМГ в атмосферном воздухе [10]

Наименование вещества	НДМГ исходный	Состав продуктов, % масс				
		1 ч.	24 ч.	3 сут.	8 сут.	50 сут.
Диметиламин	0,13	4,45	12,4	10,0	6,27	4,00
НДМГ	99,68	83,12	0,05	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Триметилгидразин	Отсутствует	<0,01	<0,01	0,05	0,16	Отсутствует
Диметилметилен гидразин	0,14	11,94	76,76	78,34	80,11	86,95
Тетраметилметан диамин	Отсутствует	< 0,01	2,73	3,35	4,75	Отсутствует
Диметилгидразон уксусного альдегида	Отсутствует	Отсутствует	2,63	3,04	3,38	0,62
Диметилендиамин	Отсутствует	Отсутствует	0,48	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Диметиламиноацетон	Отсутствует	Отсутствует	отсутствует	0,48	0,65	Отсутствует
Диметилгидразон ацетона	Отсутствует	Отсутствует	0,85	0,35	0,26	Отсутствует
Нитрозодиметил амин	<0,0001	0,18	0,72	0,31	0,13	Отсутствует
Диметиламиноацетонитрил	Отсутствует	Отсутствует	0,18	0,47	0,68	7,73
Диметилгидразон пропаналя	Отсутствует	Отсутствует	0,17	0,20	Отсутствует	Отсутствует
Диметилформамид	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	0,05	0,10	Отсутствует
Метилдиметил карбоат	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	0,06	Отсутствует	Отсутствует
Тетраметилтеразен	0,05	0,31	3,03	3,3	3,51	0,70

В среде атмосферного воздуха без воздействия внешних факторов (таких как температура, свет) содержание НДМГ уже через 1 ч. снижается до 83%, а через 24 ч. в системе его содержание составляет не более 0,02%. Основным же продуктом его разложения является ДММГ, который в свою очередь, является более устойчивым соединением. И по прошествии 50 сут. содержание его увеличивается до 87%. Кроме того, через 50 сут., в системе были зафиксированы такие соединения как диметиламин, диметилгидразон

уксусного альдегида, диметиламиноацетонитрил и тетраметилтетразен. Содержание диметиламина, диметилгидразон уксусного альдегида и тетраметилтетразена заметно падает, а содержание диметиламиноацетонитрила возрастает до 7,73%. В ходе исследования установлено:

- НДМГ неустойчив в атмосфере кислорода, переходит в ряд дочерних продуктов;

- основными продуктами превращения НДМГ при контакте с водой и кислородом воздуха являются: демитилметиленгидразин, триметиламин, диметиламин, диметилгидразон уксусного альдегида, нитрозодиметиламин и тетраметилтетразен, а также в небольших количествах триметилгидразин, диметилгидразон ацетона, N,N диметилформаид;

- при длительном нахождении НДМГ в атмосферном воздухе обнаруживаются: триметиламин, диметилметиленгидразин, диметилгидразон уксусного альдегида, диметиламиноацетонитрил, тетраметилтетразен.

- Диметилметиленгидразин является основным продуктом, в который превращается НДМГ в первые часы попадания в воздух. Однако методы его определения в объектах природной среды в литературных источниках не обнаружены. Показано, что превращение НДМГ при взаимодействии только с парами воды или только с кислородом идет в два раза медленнее, в сравнении с одновременным присутствием того и другого. В многокомпонентной системе, какой является система НДМГ атмосферный воздух, где кроме кислорода находятся активные компоненты, такие как углекислый газ, углеводороды и др., интенсивность превращения НДМГ весьма высокая. Требуется не более 2-х суток для того, что бы НДМГ практически полностью превратился в дочерние компоненты. С углекислым газом воздуха НДМГ образует соли алкилгидразинкарбоновой кислоты, такие как $(\text{CH}_3)_2\text{N-NH}_2 \cdot 0.5\text{CO}_2$, $(\text{CH}_3)_2\text{N-NH}_2 \cdot \text{CO}_2$, и $(\text{CH}_3)_2\text{N-NH}_2 \cdot 2\text{CO}_2$, которые хорошо растворяются в воде [7].

Трансформация НДМГ в водных растворах. Исследована трансформация НДМГ в водных растворах. Для идентификации продуктов реакций были использованы хроматографический и масс-спектрометрический методы анализа. Модельные водные растворы содержащие НДМГ хранились в течении 365 дней при комнатной температуре при доступе воздуха. В водных растворах помимо непрореагировавшего НДМГ был обнаружен широкий спектр продуктов трансформации (таблица 2) [4].

Таблица 2 – Соединения в системе вода - НДМГ [4].

№	Время выхода, мин.	Название вещества	Концентрация, мг/л	ПДК, мг/л
1	3,07	Диметилгидразон ацетальдегида	27,20	Не уст.
2	3,4	Диметилгидразон ацетона	30,40	Не уст
3	4,47	Нитрозодиметиламин	3,00	0,01
4	4,66	Диметиламиноацетонитрил	2,26	Не уст
5	4,91	1 -метил-1 Н-пиразол	1,41	Не уст
6	5,93	N, N -диметил формаמיד	0,36	10,0
7	8,41	(1-метилэтиленден) гидразон ацетона	3,93	Не уст
8	8,57	1 -метил-1Н-1,2,4-триазол	16,90	Не уст
9	10,19	Гуанидин	10,80	Не уст
10	11,83	Диметилтриазол	11,90	Не уст
11	12,92	Не идентифицировано	19,41	Не уст
12	14,04	Не идентифицировано	2,83	Не уст
13	14,41	Не идентифицировано	4,48	Не уст
14	17,71	Не идентифицировано	7,73	Не уст
15	18,91	Не идентифицировано	8,86	Не уст
16	19,66	Не идентифицировано	3,14	Не уст
17	20,29	Бис(диметилгидразон) этандиальдегида	107,00	Не уст

Как видно из таблицы 2, для большинства обнаруженных соединений не установлены гигиенические нормативы.

Содержание НДМГ в почвах. Использование НДМГ сопровождается загрязнением окружающей среды и, прежде всего почвы. Опасность НДМГ при попадании в почву определяется неограниченной растворимостью в воде, высокой летучестью, способностью к переносу и накоплению, стабильностью в почве и растениях, а также присутствием токсичных продуктов его окисления. НДМГ относится к высокостабильным соединениям в почве, которая зависит от:

- количества поступившего в почву НДМГ. Чем выше количество, тем выше стабильность;

- от условий аэрации. В условиях хорошей аэрации количество НДМГ, оставшееся в почве в 4-10 раз ниже, чем в анаэробных условиях. При аэрации высок процент продуктов окисления

Любая почва поглощает НДМГ. Песчаная почва поглощает до 40% от попавшего на почву топлива, глинистая до 76-90%. При этом некоторое количество топлива от 20 до 40%, в зависимости от типов почвы, в ней длительно сохраняется. Так, при внесении в почву НДМГ в концентрации 10 г на 1 кг почвы, через 6 мес. топливо опре-

делялось в почве в сравнительно высоких концентрациях, достигая 380 мг на 1 кг в песке, 560 мг на 1 кг в подзолистой почве и 965 мг на 1 кг в глине.

В краткосрочном эксперименте на почвенных образцах было определено, что однократное воздействие топлива в концентрациях от 0,1 до 1 мг на 1 кг уже влияет на процессы самоочистения почвы. Определено, что температура не оказывает влияние на стабильность попавшего в почву топлива. Хорошая растворимость в воде способствует перемещению топлива на глубину и накопления его и продуктов его окисления, которые при отсутствии воздуха будут являться источником длительного загрязнения почвы и представляет опасность загрязнения подземных вод. Так, через 10 лет после большого аварийного пролива топливо обнаруживалось не только в поверхностных, но и глубинных слоях грунта в концентрациях в десятки раз превышающих его предельно допустимый уровень, составляющий 0,1 мг на 1 кг [11]. Важнейшим фактором, влияющим на процессы связывания и трансформации гидразинов в почвах, является содержание в них органического вещества. По этому признаку почвы следует разделить на 2 типа: почвы с низким содержанием органического вещества (менее 10%) и почвы с высоким содержанием органики (более 90%).

Почвы с низким содержанием органических веществ. Большое количество работ, встречающихся в литературе, посвящено исследованию песчаных почв Казахстана, характерных для районов падения отработанных частей ракет-носителей, стартующих с космодрома «Байконур». Для данных почв характерно низкое содержание органических веществ (менее 10%). Установлено, что НДМГ в таких почвах может существовать в четырех формах (таблица 3) [12].

Таблица 3 - Формы существования НДМГ в почвах [12]

Форма	Свойства	Предполагаемый характер
Свободная	Экстрагируется водными (буферными) растворами при комнатной температуре	Растворена в почвенном растворе или физически сорбирована твердой фазой
Водорастворимая подвижная, связанная	Экстрагируется водными (буферными) растворами при комнатной температуре, превращается в исходный НДМГ после щелочной дистилляции	Продукты разложения НДМГ обратимо гидролизуются с образованием исходного вещества
Обратимо связанная поглощающим почвенным комплексом	Извлекаются из почвы щелочной дистилляцией	Обратимо хемосорбированный НДМГ
Необратимо связанная	Не извлекаются даже при использовании жестких условиях экстракции	Необратимо хемосорбированный НДМГ

В диссертации А.Д. Смоленкова [13] приводится объяснение природы данных форм существования НДМГ. Автором показано, что в сорбции принимают участие как минеральная (физическая сорбция), так и органическая (хемосорбция) составляющие почвы. 1,1-диметилгидразин, сорбированный неорганической частью почвы, обладает высокой подвижностью и может легко вступать в реакцию с карбонильными соединениями. В результате этого наблюдается переход НДМГ из минеральной части в органическую. Помимо образования гидразонов, могут наблюдаться другие пути сорбции НДМГ органическим веществом почв, в результате которых образуются одинарные связи азот-углерод. Возможными, по мнению автора, в данном случае являются реакции нуклеофильного присоединения НДМГ в кольцо хинонных группировок или восстановление хинонных групп до гидрохинонных или пирокатехиновых фрагментов с окислением НДМГ. Присутствие разных форм экотоксиканта в почвах свидетельствует не только о накоплении НДМГ в местах пролива, но и о возможности вторичного загрязнения НДМГ окружающей среды.

Почвы с высоким содержанием органического вещества. Несмотря на большое внимание исследователей к поведению высокотоксичных компонентов ракетного топлива в окружающей среде, в литературе практически не встречается информация о продуктах, образующихся при контакте НДМГ с почвами, основу которых составляют органические вещества. К таким объектам в первую очередь относятся торфяные болотные почвы, характерные для большинства районов падения отработанных частей ракет-носителей, находящихся на территории Российской Федерации (Европейский Север, Западная Сибирь, Якутия) и содержащие более 90% органических веществ. Торф – это слабокислотный полифункциональный ионообменник, состоящий из разнообразных веществ, в зависимости от условий торфообразования: целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, гуминовых веществ, битумов, воска, а также минеральных и органоминеральных включений различной степени дисперсности. Хорошая сорбционная способность этого природного материала по отношению к разным классам химических соединений связана с наличием в структуре макромолекул биополимеров, составляющих основу торфа, широкого круга функциональных групп различной природы, таких как аминные, амидные, спиртовые, альдегидные, карбоксильные, кетонные, фенольные, хинонные, пептидные и метоксильные; а также полимолекулярных ассоциатов гуминовых веществ и лигнина. Лигногуминовые вещества способны связывать в прочные комплексы поллютанты в различных природных средах, что приводит к

изменению форм существования экотоксикантов и их миграционной способности, уменьшению биодоступности и токсичности [14]. НДМГ относится к стабильным веществам в почве, при этом температура среды не оказывает значительного влияния на его стабильность. Хорошая растворимость НДМГ в воде способствует миграции его по профилю почвы. При проникновении в глубокие слои почвы создается своего рода «депо» НДМГ и продуктов его окисления, которое при отсутствии доступа воздуха может являться источником длительного загрязнения почвы и представлять опасность для подземных вод.

Содержание НДМГ в растениях. Из почвы НДМГ мигрирует в растения, которые активно его усваивают. При поступлении из почвы через корневую систему НДМГ в наибольших количествах может обнаруживаться в корнях и корнеплодах по сравнению с ботвой, соломой и зерном. Растущая травянистая растительность, а также овощи и фрукты активно могут накапливать НДМГ из воздуха. НДМГ длительно сохраняется в высушенной траве (сене), в сене НДМГ найден даже через 7 мес. его хранения на воздухе в количестве 163 мг на 1 кг при первоначальной концентрации 476 мг. Поэтому обнаружение НДМГ в растениях служит индикатором загрязнения воздуха и почвы в настоящее время или в прошлом. А присутствие НДМГ в растениях, используемых в качестве продуктов питания, может представлять реальную опасность для человека и сельскохозяйственных животных.

Представляют интерес реакции НДМГ с монодикарбоновыми кислотами, широко распространенными в растительном мире. Известно, например, что при взаимодействии НДМГ с мезакриновой кислотой может быть получен бетаин [7]. Гидразинкарбоновые кислоты, имеющие в молекулах три реакционных центра: вторичный, третичный атомы азота и карбонильную группы, являются достаточно реакционноспособными и могут вступать в реакции ацилирования, нитрозирования и алкилирования по атомам азота, а по карбоксильной группе в реакции образования бетаинов. Бетаины – это внутрисолевая форма соединений, содержащих четвертичный атом азота, простейший представитель бетаин: $(\text{CH}_3)_3\text{N}^+-\text{CH}_2\text{COO}$.

Бетаины активно участвуют в азотистом обмене растений. Поэтому, вероятно, НДМГ в небольших количествах не оказывает выраженного токсичного действия на растение. Ряд авторов считают, что НДМГ и его производные в умеренных дозах не являются токсичными для растений и могут использоваться, как источник азота [15]. Не меньший интерес для практических целей представляют реакции

НДМГ с карбонильными соединениями, протекающие с образованием гидразонов [16]: $(\text{CH}_3)_2\text{N}-\text{NH}_2\text{O}=\text{CH}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{N}-\text{N}(\text{CH}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$.

Гидразоны представляют собой достаточно реакционноспособные соединения по группе $=\text{N}-\text{N}(\text{CH}_3)_2$. В основе токсического действия НДМГ лежит его взаимодействие с пиридоксальфосфатом (ПДФ), содержащим группу $\text{O}=\text{CH}$. ПДФ является основной коферментной формой витамина B_6 . Витамин B_6 (пиридоксин, пиридоксаль, пиридоксамин) содержится в больших количествах во многих растениях: зерновые, картофель, морковь, цветная и белокочанная капуста, помидоры, клубника, черешня и других.

Накопление НДМГ растениями зависит от комплекса факторов: семейство растений, геохимических условий мест их произрастания, близости источников поступления НДМГ, количества поступившего на поверхность почвы и растений топлива. Для установления путей поступления НДМГ в растения сопряженно опробовались почвы, а также анализировались смывы с поверхности растений. Показано, что уровни содержания НДМГ в растениях полигонов изменяются от 0,05 до 224,0 мг/кг (на сухое вещество). Наиболее частыми являются концентрации от 0,2 до 0,3 мг/кг, представляющие собой региональный уровень загрязнения районов падений (предельно допустимые нормативы для растений не установлены). Максимальные концентрации НДМГ и наибольший процент загрязненных проб растений (более 50%) были установлены в местах падений остаточных частей ракет. В отличие от почв, загрязненных преимущественно в местах падений, растительность полигонов загрязнена на более значительной площади. В 50% проб растений, на различном удалении от мест падений, уровни концентрации НДМГ изменяются от 0,5 до 1,14 мг/кг.

Формирование обширных аномалий НДМГ в растительном покрове полигонов, вероятно, обусловлено двумя путями его поступления в растения: почвенным и атмотехногенным. Это подтверждается анализом органов растений и смывов с поверхности растений. При наличии НДМГ в корнях он во всех случаях обнаружен и в надземной части растений, что указывает на почвенный путь поступления НДМГ в растения. Отсутствие загрязнителя в корнях и его наличие в надземной части, а также его содержание в смывах говорят об атмотехногенном загрязнении. Определение НДМГ в корнях растений и его отсутствие в надземной части не установлены [17]. Растительная клетчатка является полисахаридом, и при ее распаде образуются карбонилсодержащие продукты, образующие с НДМГ не очень устойчивые гидразоны. А уже при их распаде вновь выделяется НДМГ. Таким образом, реакция с альдегидами и кетонами переводит НДМГ в скрытую латентную и токсичную формы.

Возможно, благодаря этой реакции на зараженной местности сохраняется токсичность, тогда как сам НДМГ не определяется.

Экологическая опасность поступления НДМГ в окружающую среду. Длительное применение НДМГ в качестве ракетного топлива на территории Российской Федерации привело к значительному загрязнению объектов окружающей среды и инфраструктуры ракетно-космического комплекса. Из-за высокой реакционной способности НДМГ, помимо него, в объектах окружающей среды происходит накопление продуктов его трансформации, некоторые из которых по токсичности превосходят НДМГ [18]. По своему токсическому действию НДМГ относится к первому классу опасности, т.е. к чрезвычайно опасным веществам. Обладает общетоксическим и местным раздражающим действием на организм человека независимо от путей поступления. Наряду с высокой токсичностью, для НДМГ характерна высокая потенциальная опасность развития острых ингаляционных интоксикаций, что обусловлено его высокой летучестью. Коэффициент возможного ингаляционного отравления – КВИО (С20 насыщ./CL50) равен 469, что свидетельствует о чрезвычайно высокой (1 класс) опасности развития острых смертельных ингаляционных отравлений при нормальных условиях. По величине средней смертельной дозы (DL50Cut) при поступлении через кожу можно говорить о выраженных кожно-резорбтивных свойствах НДМГ и его принадлежности к веществам 1-го класса опасности (высокоопасные). Порог восприятия запаха гептила человеком составляет 0,05 мг/м³ [19]. НДМГ может встречаться в воздушной среде при его производстве применении. Загрязнение воздушной среды производственных помещений возможно при нарушении герметичности аппаратуры и оборудования, насосов, отсутствии автоматизации некоторых операций, при проведении ремонтно-профилактических работ, а так же при работах по утилизации ракетного топлива из отслуживших свой срок баллистических ракет. НДМГ легко сорбируется поверхностями строительных конструкций и вследствие десорбции может явиться причиной вторичного высокого загрязнения воздушной среды. На испытательных станциях жидкостных ракетных двигателей НДМГ (пары и аэрозоль) может обнаруживаться в воздухе производственных помещений, складов горючего, корпусах нейтрализации ракет и очистки сточных вод, при нарушении герметичности магистралей и оборудования, при операциях стыковки и расстыковки, во время пуско-наладочных и ремонтных работ. Причиной загрязнения окружающей среды являются выбросы НДМГ при пуске и остановке двигателей, сбросе дренажных газов и сточных вод без очистки, а также при сливно-наливных операциях с ракетных комплексов и на складах горю-

чего, при аварийных ситуациях и проливах [20]. Экологическая опасность поступления НДМГ в окружающую среду усугубляется тем, что он легко окисляется под действием кислорода воздуха или кислорода растворенного в воде, а также под действием других окислителей оксидов азота, хлора, озона с образованием новых токсичных соединений:

N-нитрозодиметиламин, тетраметилтетразен, диметиламин и др. По токсическому действию N-нитрозодиметиламин и диметиламин относятся к 1 – 2 классу опасности, Тетраметилтетразен – к 3 классу опасности [21]. При этом среди продуктов окисления наиболее токсичным и опасным в плане проявления отдаленных эффектов является НДМА, отнесенный к активным химическим канцерогенам.

Заключение. Потенциальная опасность НДМГ для окружающей среды определяется неограниченной растворимостью в воде, высокой летучестью, способностью к миграции, накоплению, стабильностью в почве, растениях. НДМГ относится к стабильным веществам в почве, при этом температура среды не оказывает значительного влияния на его стабильность. Хорошая растворимость НДМГ в воде способствует миграции его по профилю почвы. При проникновении в глубокие слои почвы создается своего рода «депо» НДМГ и продуктов его окисления, которое при отсутствии доступа воздуха может являться источником длительного загрязнения почвы и представлять опасность для подземных вод. Исследования влияния НДМГ на дикорастущие виды растений актуальны, поскольку растения накапливают это токсичное, первого класса опасности соединение для человека, растения служат «хранилищем» данного супертоксиканта и при отмирании растений происходит вторичное загрязнение окружающей среды. Наиболее эффективным решением проблемы загрязнения среды НДМГ служит :

- разработка систем управления ракето-носителей с полной выработкой бортового запаса топлива, что исключит остатки вредных компонентов ракетного топлива в местах падения их отработавших ступеней;
- совершенствование технологий очистки почвы от остатков ракетного топлива;
- разработка технологий фитоочистки среды с использованием растений аккумуляторов НДМГ и производных его окисления.

Список литературы

1 Космонавтика: Энциклопедия. – М., 1985, [Kosmonavtika: Entsiklopediya. – М., 1985]

2 Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения: Справ. изд./ Т.П. Арбузова, Л.А. Базарова, Э.Л. Балабанова и др.; Под ред. Б.А. Курляндского и др. – Л.: Химия, 1992. – С. 245, [Vrednye khimicheskie veshhestva. Azotsoderzhashhie organicheskie soedineniya: Sprav. izd./ T.P. Arbuzova, L.A. Bazarova, E.H.L. Balabanova i dr.; Pod red. B.A. Kurl'yanskogo i dr. – L.: Khimiya, 1992. – S. 245]

3 Справочник по токсикологии и гигиеническим нормативам (ПДК) потенциально опасных химических веществ / под ред. канд. мед. наук Кушневой В.С. и канд. мед. наук Горшковой Р.Б. – М.: ИздАт, 1999.- 272 с., [Spravochnik po toksikologii i gigienicheskim normativam (PDK) potentsial'no opasnykh khimicheskikh veshhestv / pod red. kand. med. nauk Kushnevoj V.S. i kand. med. nauk Gorshkovoj R.B. – M.: IzdAt, 1999.- 272 s]

4 Кабанов П.М. Хромато-масс-спектрометрическое исследование продуктов трансформации несимметричного иметилгидразина в водных растворах/ П.М. Кабанов, О.Б. Муратовская, О.Г. Татаурова, А.В. Ульянов, А.К. Буряк// Сорбционные и хроматографические процессы, 2006.-Т. 6.- Вып. 2.- С. 717-723., [Kabanov, P.M. KHromato-mass-spektrometricheskoe issledovanie produktov transformatsii nesimmetrichnogo imetilgidrazina v vodnykh rastvorakh/ P.M. Kabanov, O.B. Muratovskaya, O.G. Tataurova, A.V. Ul'yanov, A.K. Buryak// Sorbtionnye i khromatograficheskie protsessy, 2006.-Т. 6.- Вып. 2.- S. 717-723.]

5 Зрелов В.Н. Жидкие ракетные топлива/ В.Н. Зрелов, Е.П. Серегин – М.: Химия, 1975. - 320 с., [Zrelov, V.N. Zhidkie raketnye topliva/ V.N. Zrelov, E.P. Seregin – M.: Khimiya, 1975. - 320 s]

6 Большаков Г.Ф. Химия и технология компонентов жидкого ракетного топлива/, Л.: «Химия», 1983. – 320 с., [Bol'shakov G.F. Khimiya i tekhnologiya komponentov zhidkogo raketnogo topliva/, L.: «Khimiya», 1983. – 320 s.]

7 Ушакова В.Г. Особенности химических превращений НДМГ и его поведение в объектах окружающей среды/ В.Г. Ушакова, О.Н. Шпигун, О.И. Старыгин // Ползуновский вестник. – 2004. – № 4. – С. 177 – 184., [Ushakova, V.G. Osobennosti khimicheskikh prevrashhenij NDMG i ego povedenie v ob'ektakh okruzhayushhej sredy/ V.G. Ushakova, O.N. SHpigun, O.I. Sarygin // Polzunovskij vestnik. – 2004. – № 4. – S. 177 – 184.]

8 Тулупов П.Е., Колесников С.В., Кирюхин В.П. Химические превращения несимметричного диметилгидразина в атмосфере воздуха и идентификация их продуктов // Загрязнение атмосферы и почвы. Труды IV всесоюзного совещания. – М.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 87-101, [Tulupov, P.E. Khimicheskie prevrashheniya nesimmetrichnogo dimetilgidrazina v atmosfere vozdukha i identifikatsiya ikh produktov / P.E.Tulupov, S.V. Kolesnikov, V.P. Kiryukhin // Zagryaznenie atmosfery i pochvy.Trudy IV vsesoyuznogo soveshhaniya. – M.: Gidrometeoizdat, 1991. – S. 87-101]

9 Тулупов П.Е., Колесников С.В. Кинетика превращения несимметричного диметилгидразина в гелево-кислородной газовой фазе //Загрязнение атмосферы и почвы. Труды IV всесоюзного совещания.– М.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 102-108., [Tulupov, P.E. Kinetika prevrashheniya nesimmetrichnogo dimetilgidrazina v gelevo-kislородной газовой фазе //Zagryaznenie atmosfery i pochvy. Труды IV всесоюзного совещания.– М.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 102-108., [Tulupov, P.E. Kinetika prevrashheniya nesimmetrichnogo

dimetilgidrazina v gelevo-kislorodnoj gazovoj faze / P.E. Tulupov, S.V. Kolesnikov // Zagryaznenie atmosfery i pochvy. Trudy IV vsesoyuznogo soveshchaniya.– М.: Gidrometeoizdat, 1991. – S. 102-108]

10 *Хмелева М.В.* Экологические аспекты химической активности несимметричного диметилгидразина в инертной среде, в присутствии кислорода, воды, атмосферного воздуха и при воздействии электрического разряда. Специальность 03.02.08 – экология (химические науки). ДИССЕРТАЦИЯ на соискание ученой степени кандидата химических наук. Нижний Новгород – 2015., [KHmeleva M.V. EHkologicheskie aspekty khimicheskoy aktivnosti nesimmetrichnogo dimetilgidrazina v inertnoj srede, v prisutstvii kisloroda, vody, atmosfernogo vozdukha i pri vozdeystvii ehlektricheskogo razryada. Spetsial'nost' 03.02.08 – ehkologiya (khimicheskie nauki). DISSERTATSIYA na soiskanie uchenoj stepeni kandidata khimicheskikh nauk. Nizhnij Novgorod – 2015.

11 *Ульяновский Н. В.* «Определение 1,1-диметилгидразина и продуктов его трансформации методами tandemной хроматомассспектрометрии» Специальность 02.00.02 – Аналитическая химия. Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических. Институт экологических проблем Севера Уральского Отделения Российской Академии Наук Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова. Архангельск 2015 г., [Ul'yanovskij N. V. «Opređenje 1,1-dimetilgidrazina i produktov ego transformatsii metodami tandemnoj khromatomassspektrometrii» Spetsial'nost' 02.00.02 – Analiticheskaya khimiya. Dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata khimicheskikh. Institut ehkologicheskikh problem Severa Ural'skogo Otdeleniya Rossijskoj Akademii Nauk Severnyj (Arkticheskij) federal'nyj universitet imeni M.V.Lomonosova. Arkhangel'sk 2015 g.]

12 *Rodin I.A., Moskvina D.N., Smolenkov A.D., Shpigun O.A.* Transformations of Asymmetric Dimethylhydrazine in Soils // Russian journal of physical chemistry A. 2008. -Vol. 82.- N. 6.- P. 911-915.

13 *Смоленков А.Д.* Новые подходы к хроматографическому определению гидразинов и их производных в объектах окружающей среды: диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук. М., 2014.- 362 с., [Smolenkov A.D. Novye podkhody k khromatograficheskomu opredeleniyu gidrazinov i ikh proizvodnykh v ob'ektakh okruzhayushhej sredy: dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni doktora khimicheskikh nauk. М., 2014.- 362 s.]

14 *Ларионов Н.С., Боголицын К.Г., Богданов М.В., Кузнецова И.А.* Характеристика сорбционных свойств верхового торфа по отношению к d- и p-металлам// Химия растительного сырья. 2008.- №4. -С. 147–152, Перминова И.В., Жилин Д.М. Гуминовые вещества в контексте зеленой химии// Зеленая химия в России: сб. статей. М., 2004.- С. 146– 162., [Larionov N.S., Bogolitsyn K.G., Bogdanov M.V., Kuznetsova I.A. Kharakteristika sorbtsionnykh svoystv verkhovogo torfa po otnosheniyu k d- i p-metallam// KHimiya rastitel'nogo syr'ya. 2008.- №4. -S. 147–152, Perminova I.V., ZHilin D.M. Guminovyye veshchestva v kontekste zelenoy khimii// Zelenaya khimiya v Rossii: sb. statej. М., 2004.- S. 146– 162.]

15 *Ермаков Е.И.* Влияние несимметричного диметилгидразина на состояние почвенно-растительной системы/ Е.И. Ермаков, Г.Г. Попова, З.М.Петрова и др. // Экологические аспекты воздействия компонентов жидких ракетных топлив на окружающую среду. Мат. научно-практич. конф. С-Пб. –1996. – С.15-19., [Ermakov, E.I. Vliyanie nesimmetrichnogo dimetilgidrazina na sostoyanie pochvenno-rastitel'noj sistemy/ E.I. Ermakov, G.G. Popova, Z.M.Petrova i dr. // ENkologicheskie aspekty vozdeystviya komponentov zhidkikh raketnykh topliv na okruzhayushhuyu sredu. Mat. nauchno-praktich. konf. S-Pb. –1996. – S.15-19.]

16 *Иофе Б.В., Кузнецова А.А., Потехин М.А.* Химия органических производных гидразина/ Л.: Химия, 1978. – С. 57., [Iofe, B.V. KHimiya organicheskikh proizvodnykh gidrazina/ B.V. Iofe, M.A. Kuznetsova, A.A. Potekhin– L.: KHimiya, 1978. – S. 57.]

17 *Касимов Н.С., Гребенюк В.К., Королева Т.В., Проскуряков Ю.В.* Поведение компонентов ракетного топлива в почвах, водах и растениях. Почвоведение, 1994.- № 9.- с. 110-120., [Kasimov N.S., Grebenyuk V.K., Koroleva T.V., Proskuryakov YU.V. Povedenie komponentov raketnogo topliva v pochvakh, vodakh i rasteniyakh. Pochvovedenie, 1994.- № 9.- s. 110-120.]

18 Гидразин. Гигиенические критерии состояния окружающей среды: Совместное издание Программы ООН: —Женева. Всемирной организации здравоохранения, 1991. —С. 15., [Gidrazin. Gigenicheskie kriterii sostoyaniya okruzhayushhej sredy: Sovmestnoe izdanie Programmy OON: —Zheneva. Vsemirnoj organizatsii zdravookhraneniya, 1991. —S. 15.]

19 Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения: Справ. изд./ Т.П. Арбузова, Л.А. Базарова, Э.Л. Балабанова и др.; Под ред. Б.А. Курляндского и др. – Л.: Химия, 1992. – С. 245., [Vrednye khimicheskie veshhestva. Azotsoderzhashhie organicheskie soedineniya: Sprav. izd./ T.P. Arbuzova, L.A. Bazarova, EH.L. Balabanova i dr.; Pod red. B.A. Kurlyandskogo i dr. – L.: KHimiya, 1992. – S. 245.]

20 Жидкие ракетные топлива. Справочник – М.: Институт биофизики, 1991.- С. 263., [ZHidkie raketnye topliva. Spravochnik – M.: Institut biofiziki, 1991.– С. 263.]

21 Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения: Справ. изд./ Т.П. Арбузова, Л.А. Базарова, Э.Л. Балабанова и др.; Под ред. Б.А. Курляндского и др. – Л.: Химия, 1992. – С. 245., [Vrednye khimicheskie veshhestva. Azotsoderzhashhie organicheskie soedineniya: Sprav. izd./ T.P. Arbuzova, L.A. Bazarova, EH.L. Balabanova i dr.; Pod red. B.A. Kurlyandskogo i dr. – L.: KHimiya, 1992. – S. 245.]

Утеулин К.Р., доктор биологических наук,
e-mail: ipbbkz@gmail.com. gen_uteulink@mail.ru

К.Р. Утеулин¹, Е.А. Бекешев³, М.К. Амрин³,
Н.В. Курбатова², Ч.Ж. Алдасугурова², О.А. Федорина³,
А.Б. Атыгаев², Е.Ю. Степанова³

¹Институт биологии и биотехнологии растений, г. Алматы, Казахстан,

²Национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан,

³Научно-исследовательский центр «Фарыш-Экология», г. Алматы, Казахстан

МОРФО-АНАТОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛИСТЬЕВ ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ *AGROPYRON FRAGILE (ROTH) CANDARGY, STIPA SAREPTANA A. BECK, ARTEMISIA TERRA - ALBAE KRASCH*, ВЫРАЩЕННЫХ НА СУПЕСЧАННОЙ ПОЧВЕ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ НЕСИММЕТРИЧНЫМ ДИМЕТИЛГИДРАЗИНОМ

Аннотация. Несимметричный диметилгидразин (НДМГ) – эффективное и широко используемое ракетное топливо является загрязнителем окружающей среды, эффективно аккумулируется растениями, которые в свою очередь включены в пищевую цепь человека. Исследования влияния НДМГ на дикорастущие виды растений актуальны, поскольку растения накапливают токсикант первого класса опасности соединение для человека, растения служат «хранилищем» данного супертоксиканта и при отмирании растений происходит вторичное загрязнение окружающей среды. Целью настоящего исследования являются – исследование морфо-анатомических характеристик листьев дикорастущих видов растений *Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae* в условиях загрязнения почвы НДМГ. Установлено, что в условиях загрязнения среды НДМГ, листья растений дикорастущих видов *Agropyron fragile* (Roth) Nevski, *Stipa sareptana* A. Beck. и *Artemisia terrae-albae* Krasch, приобретают признаки свойственные листьям ксерофитов: уменьшение толщины листовых пластины; уменьшение площади проводящих пучков; увеличение толщины эпидермиса. Область применения результатов исследований - физиология растений, загрязнение окружающей среды.

Ключевые слова: НДМГ, лист, анатомические параметры, *Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae*.

Источник финансирования исследований. Республиканская бюджетная программа 008 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности и информационной безопасности». Научно-технический проект «Исследование природы загрязнения растений несимметричным диметилгидразином и токсичными продуктами его трансформации». Исследование выполнено в 2018-2020 гг. Республиканским государственным предприятием «Научно-исследовательский центр «Фарыш-Экология» Аэрокосмический Комитет Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности РК в сотрудничестве с Республиканским государственным предприятием «Институт биологии и биотехнологии растений». Комитет науки. Министерство образования и науки Республики Казахстан.

Түйіндеме. Асимметриялық диметилгидразин (АДМГ) – тиімді және кеңінен қолданылатын зымыран отыны қоршаған ортаны ластағыш болып табылады, өсімдіктермен тиімді жинақталады. Олар өз кезегінде адамның тамақ тізбегіне қосылады. Жабайы өсімдік түрлеріне АДМГ әсерін зерттеу өзекті болып табылады. Өйткені өсімдіктер осы улы, бірінші дәрежелі қауіпті қосылысты жинайды, өсімдіктер осы супер токсиканттың «қоймасы» ретінде қызмет етеді және өсімдіктер шірігеннен кейін қоршаған ортаның қайталама ластануы орын алады. Осы зерттеудің мақсаты – АДМГ топырағының ластануы жағдайында *Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae* жабайы өсімдік түрлерінің жапырақтарының морфо-анатомиялық сипаттамаларын зерттеу. АДМГ қоршаған ортаның ластануы жағдайында жабайы өсетін өсімдіктердің жапырақтары бар екені анықталды. *Agropyron fragile* (Roth) Nevski, *Stipa sareptana* A. Beck. және *Artemisia Terra-albae* Krasch, ксерофиттердің жапырақтарына тән белгілерді алады: табақша қалыңдығын азайту; өткізгіш шоқтардың ауданын азайту; эпидермистің қалыңдығын арттыру. Зерттеу нәтижелері экологиялық физиология болып табылады.

Түйінді сөздер: АДМГ, жапырақ, анатомиялық параметрлері, *Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae*.

• • •

Abstract. Unsymmetrical dimethylhydrazine (UDMH), an efficient and widely used rocket propellant, is an environmental pollutant which is efficiently accumulated by plants which in turn are integrated into a the human food chain. Researches of UDMH impact on wild species of plants are relevant since the plants accumulate this toxic compound that has first class hazard for human population, plants store this super toxicant and when plants die, secondary environmental pollution occurs. Objective of this research is to study morpho-anatomical characteristics of leaves of wild species of *Agropyron fragile*, *Stipasareptana*, *Artemisiaterrae-albae* plants in conditions of soil pollution with UDMH. It has been established that in conditions of environment pollution with UDMH, leaves of wild species *Agropyron fragile* (Roth) Nevski, *Stipasareptana* A. Beck. and *Artemisiaterrae-albae* Krasch develop characteristic of xerophytes leaves: decrease in lamina thickness; decrease in area of conducting bundles; decrease in epidermis thickness. Field of application of the research results is ecological physiology.

Keywords: UDMH, leaf, anatomical parameters, *Agropyron fragile*, *Stipasareptana*, *Artemisiaterrae-albae*

Введение. Несимметричный диметилгидразин (НДМГ) – эффективное и широко используемое ракетное топливо является загрязнителем окружающей среды, эффективно аккумулируется растениями, которые в свою очередь включены в пищевую цепь человека. Исследования влияния НДМГ на дикорастущие виды растений актуальны, поскольку растения накапливают токсины первого класса опасности [1]. Необходимы научные исследования по изучению механизмов адап-

тации дикорастущих видов растений в условиях негативного антропогенного воздействия на среду проливов ракетного топлива - НДМГ. В связи с этим, особый интерес вызывают исследования морфо-анатомических параметров листьев растений в среде загрязненной НДМГ. В настоящей работе изучены следующие морфо-анатомические параметры листьев дикорастущих видов растений *Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae*; эпидермис, мезофилл, площади проводящих пучков, толщина листовой пластины.

Эпидерма (эпидермис, кожа) — внешняя первичная покровная ткань листьев.

У эпидермы две основные функции: первая покровная, защитная и вторая регуляция газообмена и транспирации (естественного испарения воды живыми тканями). Кроме типичных функций, характерных для покровной ткани, эпидерма может функционировать как всасывающая ткань, принимает участие в синтезе различных веществ, в восприятии раздражений, в движении листьев. Таким образом, эпидерма многофункциональная ткань. Восковой налет снижает интенсивность транспирации у листьев: У огромного большинства высших растений клетки эпидермы образуют выросты - трихомы или волоски (греч. трихос - волосок). К трихомам относятся самые разнообразные выросты эпидермы. Трихомы бывают железистые и кроющие. В железистых трихомах накапливаются экскреты, поэтому их относят к выделительной системе.

Мезофилл. Эта ткань располагается между двумя слоями эпидермиса листа и состоит из модифицированных паренхимных клеток, осуществляющих фотосинтез. Фотосинтетическую паренхиму иногда называют хлоренхимой. Цитоплазма клеток хлоренхимы содержит большое число хлоропластов, в которых и протекают реакции фотосинтеза. У двудольных растений мезофилл состоит из двух четко различающихся слоев: верхний слой составляет палисадная паренхима, клетки которой имеют столбчатую форму, а нижний – губчатая паренхима с клетками неправильной формы, содержащими меньше хлоропластов. Фотосинтез идет главным образом в палисадной паренхиме, а воздухоносные межклетники губчатой паренхимы обеспечивают интенсивный газообмен. Важной частью листа являются проводящие пучки (жилки). Пучок обособленная система взаимосвязанных между собой тканей, выполняющая в основном функцию проведения по растению воды с растворенными в ней минеральными веществами и органических веществ. Основные составляющие проводящих пучков. – ксилема и флоэма. Функция ксилемы- транспорт воды и минеральных солей от корней к листьям, то есть осуществляет восходящий ток.

Функция флоэмы - проведение к корням органических веществ, которые синтезируются в листьях (сахароза и др.) Лист - это боковая специализированная часть побега. Основные функции листа: фотосинтеза, газообмена и испарения воды (транспирация) [2-4].

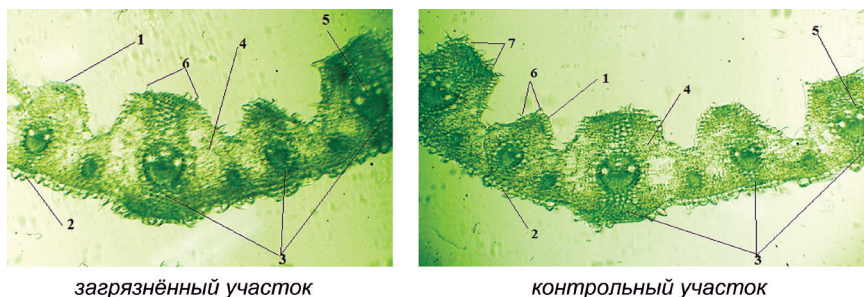
Цель исследования - изучение морфо-анатомических характеристик листьев дикорастущих видов растений *Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae* в условиях загрязнения почвы НДМГ.

Объекты исследований - дикорастущие виды растений: полынь белоземельная (*Artemisia terrae-albae* Krasch.), пырей ломкий или сибирский (*Agropyron fragile* (Roth) Candargy), ковыль сарептский (*Stipa sareptana* A. Beck.), которые были собраны на экспериментальных площадках Института биологии и биотехнологии растений, из искусственно загрязненных НДМГ (10 мг/кг) и контрольных образцах почвы.

Методы исследований. Микроскопические исследования проведены на растительном материале, который был зафиксирован в смеси спирта, глицерина и воды в соотношении 1:1:1. При изготовлении и описании препаратов использовались общепринятые в анатомии растений методы [5-7]. Микроскопические исследования проводили при определении анатомических особенностей листьев. Анатомические препараты были изготовлены с помощью микротомы с замораживающим устройством ОЛ-3СО (Инмедпром, Россия). Для количественного анализа проведено измерение морфометрических показателей с помощью окуляр-микрометра МОВ-1-15 (при объективе х 10, увеличении х 40,10,7). Микрофотографии анатомических срезов были сделаны на микроскопе МС 300 (Micros, Австрия) с видеокамерой САМ V400/1.3М (jProbe, Япония). Статистическая обработка проведена согласно Рокицкому П.Ф. [8].

Результаты и обсуждение. Были проведены микроскопические исследования анатомической структуры листьев растений дикорастущих видов (*Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae*), выращенных на образцах почвы загрязненных НДМГ (100 ПДК). Загрязнение образцов почвы в горшках проведено в июне 2019 г. на открытой экспериментальной площадке. Сбор растений для изучения осуществлен в июле 2020 г. Контролем служили растения дикорастущих видов (*Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae*), выращенных параллельно с опытными растениями на образцах почвы незагрязненной НДМГ. Через год содержание НДМГ в образцах почвы снижается значительно. Однако остаточный в образцах почвы НДМГ биоиндексировался. Были получены следующие результаты: на рисунке 1 отражено анатомическое строение листьев пырея ломкого (*Agropyron fragile*), с загрязненного участка и контрольный образец.

Тип строения листовой пластинки - ксерофитный. Отмечен верхний и нижний эпидермис листа. Рассмотрены многочисленные эпидермальные образования на верхнем и нижнем эпидермисе, представленные двумя типами волосков – простыми и головчатыми. Дифференциация на губчатый и столбчатый мезофилл не происходит. Только губчатый мезофилл. Главный проводящий пучок, большего диаметра, лежит в центре жилки, а мелкие проводящие пучки, располагаются по периферии листа. Все пучки имеют склеренхимную обкладку. Морфометрические показатели листьев представлены в таблице 1.



1 – верхний эпидермис, 2 – нижний эпидермис, 3 - склеренхима, 4 – мезофилл, 5 - проводящий пучок, 6 – простые волоски, 7 – головчатые волоски
Рисунок 1 - Анатомическое строение листьев *Agropyron fragile*

Таблица 1 – Морфо-анатомические показатели листьев *Agropyron fragile* (Roth) Nevski

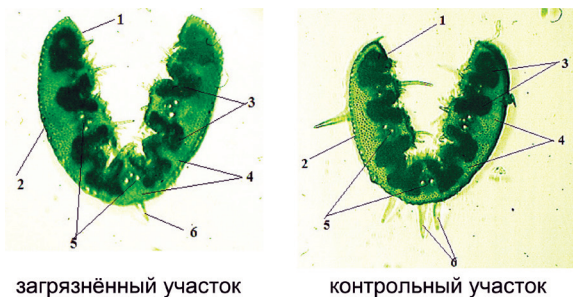
Участок	Толщина эпидермиса, мкм		Толщина листовой пластинки, мкм	Толщина слоя мезофилла, мкм	Площадь ксилемных сосудов, $\times 10^3 \text{ мм}^2$
	нижний	верхний			
Загрязненный	4,0 \pm 0,2	7,0 \pm 0,6	111,1 \pm 5,2	72,0 \pm 0,9	70,0 \pm 2,5
Контрольный	4,0 \pm 0,3	4,6 \pm 0,3	171,3 \pm 4,3	75,1 \pm 1,1	110,1 \pm 2,2

Основываясь на результатах таблицы 3, следует отметить, что толщина нижнего эпидермиса листьев у растений с загрязнённого участка и контроль - одинаковая. Толщина верхнего эпидермиса листьев у растений загрязненного участка больше верхнего эпидермиса листьев у растений контрольного участка. Хотя толщина листовой пластинки у растений с загрязнённого участка меньше (111,1 \pm 5,2 мкм), нежели у растений контрольного участка (171,3 \pm 4,3 мкм). Толщина мезофилла при этом меньше у загрязнённого образца (72,0 \pm 0,9 мкм),

чем у контрольного ($75,1 \pm 1,1 \mu\text{м}$). В отношении площади ксилемных сосудов, то по полученным результатам видно уменьшение площади сосудов ($70,0 \pm 2,5 \times 10^3 \mu\text{м}^2$) у растений загрязнённого участка по сравнению с контролем ($110,1 \pm 2,2 \times 10^3 \mu\text{м}^2$).

На рисунке 2 рассмотрено анатомическое строение листьев ковыля сарептского с двух участков. При рассмотрении видно, что верхняя сторона листовой пластинки ковыля гофрирована. Одни ребра более крупные, другие – мелкие. Нижняя сторона листа всегда гладкая, но на ней встречаются эпидермальные образования – простые волоски. В контрольном образце их количество больше. С обеих сторон лист покрыт эпидермой. Эпидерма покрыта кутикулой, особенно толстой с нижней стороны у растений с загрязненного участка. На верхней эпидерме также имеются простые волоски, более многочисленные у контрольного растения. На боковых сторонах крупных ребер в углублениях, защищенных волосками, расположены устьица.

Проводящие пучки располагаются в средней части крупных и мелких ребер. При этом в мелких ребрах пучки соответственно меньше. Механическая ткань – склеренхима, расположена со стороны нижней эпидермы и входит в крупные ребра, достигает там верхней эпидермы, образуя расширение. Мезофилл состоит из однородных parenchymal клеток. Листья с таким мезофиллом - изолатеральные. Участки мезофилла в соответствии с общей гофрированной структурой листа имеют W-образную форму. Проводящие пучки коллатеральные, закрытые, обычного для злаков строения. Морфометрические показатели листьев представлены в таблице 2.



- 1 – верхняя эпидерма, 2 – нижняя эпидерма, 3 – хлорофиллоносная ткань (мезофилл), 4 – механическая ткань (склеренхима), 5 – проводящие пучки, 6 – простой волосок

Рисунок 2 - Анатомическое строение листьев *Stipa sareptana* (x 80)

**Таблица 2 – Морфо-анатомические показатели листьев
Stipa sareptana A. Beck**

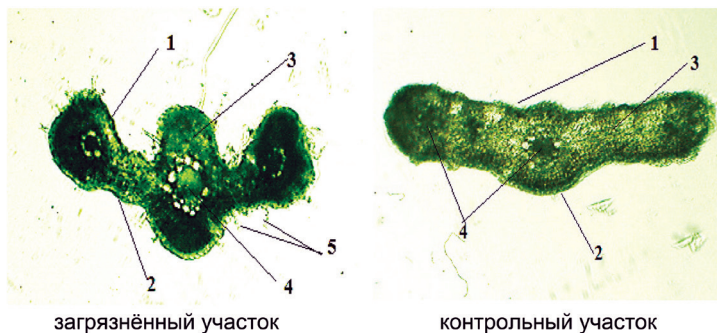
Участок	Толщина эпидермиса, мкм		Толщина листовой пластинки, мкм	Толщина слоя мезофилла, мкм	Площадь ксилемных сосудов, $\times 10^3 \text{мм}^2$
	нижний	верхний			
Загрязненный	6,8 \pm 0,8	6,8 \pm 0,7	123,0 \pm 3,7	101,0 \pm 1,2	50,0 \pm 2,7
Контрольный	5,0 \pm 0,9	5,4 \pm 0,2	153,0 \pm 5,7	91,0 \pm 1,1	70,0 \pm 2,2

Основываясь на результатах таблицы 2, следует отметить, что толщина нижнего и верхнего эпидермиса у растений с загрязнённого участка больше, чем в контроле. Хотя толщина листовой пластинки у растений с загрязнённого участка меньше (123,0 \pm 3,7 мкм), нежели у растений контрольного участка (153,0 \pm 5,7 мкм). Толщина мезофилла при этом больше у загрязнённого образца (101,0 \pm 1,2 мкм), чем у контрольного (91,0 \pm 1,1 мкм). В отношении площади ксилемных сосудов, по полученным результатам отмечено уменьшение площади сосудов у растений загрязнённых участков.

На рисунке 3 отражено анатомическое строение листовой пластинки полыни белоземельной, контрольный образец и с загрязнённого участка. Лист снаружи покрыт эпидермисом. Клетки верхнего и нижнего эпидермиса плотно сомкнуты. Снаружи клетки эпидермиса имеют выраженную степень кутикулизации, особенно у загрязнённого образца. На эпидермисе видны простые и бокаловидные волоски, как эпидермальные образования. Лист имеет однородный мезофилл, расположенный рыхло. Клетки губчатого мезофилла занимают все пространство между верхним и нижним эпидермисом. В середине листа располагается большой проводящий пучок, а по краям – малые. Проводящая ткань объединена в закрытые коллатеральные пучки и состоит из флоэмы и ксилемы. Крупный проводящий пучок окружен клетками склеренхимы, а малые пучки погружены в мезофилл листа. Количество проводящих пучков у загрязнённого образца меньше, так на представленном срезе – 3, а в контрольном образце – 5. Морфометрические показатели листьев представлены в таблице 3.

Основываясь на результатах таблицы 3, следует отметить, что толщина нижнего эпидермиса одинаковая у растений двух участков, а толщина верхнего эпидермиса у растений с загрязнённого участка (6,7 \pm 0,8) больше, чем в контроле (6,0 \pm 0,2). Хотя толщина листовой пластинки у растений с загрязнённого участка меньше (54,0 \pm 1,1 мкм), нежели у растений контрольного участка (58,0 \pm 0,9 мкм). Толщина мезофилла при этом меньше у загрязнённого образца (31,0 \pm 0,9 мкм), чем у контрольного (38,0 \pm 0,3 мкм). В отношении площади ксилемных

сосудов, по полученным результатам отмечено уменьшение площади сосудов у растений загрязнённых участков. Опираясь на полученные результаты, можно заключить, что общая адаптивная реакция изученных дикорастущих видов растений может быть выражена следующим образом: Усилена в основном покровно-защитная ткань листа: верхний эпидермис листа полыни (0,067 мм опыт и 0,060 мм контроль), пырея (0,07 мм и 0,046 мм контроль), ковыля (0,068 мм опыт и 0,054 мм контроль). Подобный результат (утолщение верхнего эпидермиса листа) получен в исследованиях влияния экотоксиканта НДМГ на морфо-анатомические параметры листьев проростков *Agropyron pectiniforme*. Эпидермис полифункционален, важнейшей его функцией является — защита растений от неблагоприятных внешних факторов и регуляция газо- и парообмена. Кроме этого элементы эпидермиса принимают участие в фотосинтезе, поглощении воды и питательных веществ, синтезе различных соединений, в движении листьев. Вероятно, стимуляция роста и развития проростка *Agropyron pectiniforme* связана с полифункциональным эпидермисом листа [9].



1 – верхний эпидермис, 2 – нижний эпидермис, 3 – хлорофиллоносная ткань (мезофилл), 4 – проводящий пучок, 5 – бокаловидный волосок
Рисунок 3 - Анатомическое строение листьев *Artemisia terrae-albae* (x 80)

Таблица 3 – Морфо-анатомические показатели листьев *Artemisia terrae-albae* Krasch

Участок	Толщина эпидермиса, мкм		Толщина листовой пластинки, мкм	Толщина слоя мезофилла, мкм	Площадь ксилемных сосудов, $\times 10^3 \text{мм}^2$
	нижний	верхний			
Загрязненный	6,0 \pm 0,7	6,7 \pm 0,8	54,0 \pm 1,1	31,0 \pm 0,9	60,0 \pm 0,9
Контрольный	6,0 \pm 0,9	6,0 \pm 0,2	58,0 \pm 0,9	38,0 \pm 0,3	80,0 \pm 0,7

Заключение. Были проведены микроскопические исследования анатомической структуры листьев растений дикорастущих видов (*Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae*), выращенных на образцах почвы загрязненных НДМГ (100 ПДК). Загрязнение образцов почвы в горшках проведено в июне 2019 г. на открытой экспериментальной площадке. Сбор растений для изучения осуществлен в июле 2020 г. Контролем служили растения дикорастущих видов (*Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae*), выращенных паралейнно с опытными растениями на образцах почвы незагрязненной НДМГ. Через год содержание НДМГ в образцах почвы снижается значительно. Однако остаточный в образцах почвы НДМГ биоиндексируется. Установлено, что листья растений дикорастущих видов злаков *Agropyron fragile* (Roth) Nevski, *Stipa sareptana* A. Beck. и полыни: *Artemisia terrae-albae* Krasch, приобретают признаки свойственные листьям ксерофитов.

1. Уменьшается толщина листовой пластины растений с опытного, загрязненного НДМГ образца почвы относительно контроля - листа растения с незагрязненного образца почвы в следующем порядке. Уменьшение толщины листовой пластины свидетельствует о снижении её функции: транспирации и газообмена листа. Мелкоклеточность листа приводит к сокращению межклетных пространств и общей внутренней испаряющей поверхности.

2. Уменьшается площадь проводящих пучков листа растений с опытного, загрязненного НДМГ образца почвы относительно контроля - листа растения с незагрязненного образца почвы в следующем порядке. Уменьшение площади проводящих пучков листа свидетельствует о снижении их функций: снабжения мезофилла водой и растворами солей, а также на снижение оттока органических веществ, образовавшихся в процессе ассимиляции.

В целом, уменьшение данных анатомических параметров листа приводит к снижению функций листа: транспирации, газообмена и фотосинтеза, приводит к ксерофитизации листьев исследованных растений дикорастущих видов. Однако, наряду с установленным уменьшением толщины листа и площади проводящих пучков отмечено увеличение толщины верхнего эпидермиса листа. Утолщение эпидермиса свидетельствует не только об усилении ее защитной функции, но и усилении функции: транспирации и газообмена.

Вывод. НДМГ и производные его окисления – токсичные летучие соединения вызывают ксерофитизацию листьев злаков: *Agropyron fragile* (Roth) Nevski, *Stipa sareptana* A. Beck и полыни: *Artemisia terrae-albae* Krasch.

Список литературы

- 1 Жубатов Ж. Апробация системы критериев экологической устойчивости территории Республики Казахстан к воздействию ракетно-космической деятельности// Ползуновский вестник. - Барнаул, 2008. - № 1-2. - С. 131-135., [ZHubatov ZH. Aprobatsiya sistemy kriteriev ehkologicheskoy ustojchivosti erritorii Respubliki Kazakhstan k vozdejstviyu raketno-kosmicheskoy deyatel'nosti// Polzunovskij vestnik. - Barnaul, 2008. - № 1-2. - S. 131-135.]
- 2 Полевой В.В. Физиология растений. Москва. Высшая школа, 1989. - 464 с., [Polevoj V.V. Fiziologiya rastenij. Moskva. Vysshaya shkola, 1989. - 464 s.]
- 3 Лотова Л.И. Морфология и анатомия высших растений. - М., 2000. - 528 с., [Lotova L.I. Morfologiya i anatomiya vysshikh rastenij. - M., 2000. - 528 s.]
- 4 Атлас по анатомии растений: учеб. пособие для вузов / Бавтуто Г. А., Ерёмин В. М., Жигар М. П. — Мн.: Ураджай, 2001. — 146 с. — (Учеб. и учеб. пособия для вузов). — ISBN 985-04-0317-9, [Atlas po anatomii rastenij: ucheb. posobie dlya vuzov / Bavtuto G. A., Eryomin V. M., Zhigar M. P. — Mn.: Uradzhaj, 2001. — 146 s. — (Ucheb. i ucheb. posobiya dlya vuzov). — ISBN 985-04-0317-9]
- 5 Пермяков А.И. Микротехника.- М.: МГУ. 1988.- С. 11-29., [Permyakov A.I. Mikrotehnika.- M.: MGU. 1988.- S. 11-29.]
- 6 Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. - М.: МГУ. 1960. - 260 с., [Prozina M.N. Botanicheskaya mikrotehnika. - M.: MGU. 1960. - 260 s.]
- 7 Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г. Справочник по ботанической микротехнике.- М.: МГУ. 2004.- 313 с., [Barykina R.P., Veselova T.D., Devyatov A.G. Spravochnik po botanicheskoy mikrotehnikе.- M.: MGU. 2004.- 313 s.]
- 8 Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. М.Колос, 1973.- 327 с., [Rokitskij P.F. Biologicheskaya statistika. M.Kolos, 1973. – 327 s.]
- 9 Агапов О.А., Федорина О.А., Атыгаев А.Б., Утеулин К.Р., Жексенбай А., Казкеев Д., Алдасугурова Ч.Ж., Курбатова Н.В. Влияние несимметричного диметилгидразина на всхожесть семян, рост и анатомические параметры проростков дикорастущих видов растений.// Новости науки Казахстана. 2019- № 1 (139).- С.210-222, [Agapov O.A., Fedorina O.A., Atygaev A.B., Uteulin K.R., ZHeksenbaj A., Kazkeev D., Aldasugurova CH.ZH., Kurbatova N.V. Vliyanie

nesimmetrichnogo dimetilgidrazina na vskhozhest' semyan, rost i anatomicheskie parametry prorostkov dikorastushhikh vidov rastenij.// Novosti nauki Kazakhstana. 2019. -№ 1 (139). - S.210-222]

Утеулин К.Р., доктор биологических наук,
e-mail: ipbbkz@gmail.com. gen_uteulink@mail.ru

Бекешев Е.А., и.о. генерального директора,
e-mail: chemist_e@mail.ru

Амрин М.К., начальник отдела медицинских программ,
e-mail: info@gh-ecology.kz

Курбатова Н.В., кандидат биологических наук,
e-mail: kurbatova_nv77@mail.ru

Степанова Е.Ю., главный научный сотрудник,
e-mail: stepanova.e@gh-ecology.kz

Федорина О.А., ведущий научный,
e-mail: fedorina.o@gh-ecology.kz

Алдасугурова Ч.Ж., преподаватель кафедры биоразнообразия и биоресурсов,
e-mail: aldasygyrova.chinar.77@gmail.com

Атыгаев А.Б., докторант PhD, E.mail: newanuar@gmail.com

Регистрационное свидетельство № 7528-Ж
от 01.08.2006 г.
выдано Министерством культуры и информации
Республики Казахстан

Отв. редактор *Л.Н. Гребцова*
Редактор текста на казахском языке *Т.Т. Садырова*
Редактор текста на английском языке *Е. Бердыкулов*
Компьютерная верстка и дизайн *Н.Т. Раймкулова*
Обложка *Е.С. Кадырова, Л.Н. Гребцовой*

Подписано в печать 15.06.2021.
Формат 60x84/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. п.л. 12,0. Тираж 350 экз. Заказ 160.

Редакционно-издательский отдел НЦ ГНТЭ.
050026, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 221